

...  
**ANTONIO JOSÉ FIGUEIREDO ENNE**

**BRUNO LIMA WANDERLEY**

**CRISTIANO HENRIQUE FERRAZ**

# **CARRIER ETHERNET**

## **PADRÕES MEF, SERVIÇOS E APLICAÇÕES**

**APROPRIADO INCLUSIVE COMO PREPARATÓRIO NÃO OFICIAL PARA  
INGRESSO NO PROGRAMA DE CERTIFICAÇÃO MEF-CECP**

# Dedicatórias

Dedico este livro aos meus filhos e netos e á minha amada companheira Elizabete.

A ela agradeço a paciência, o incentivo e a colaboração para a elaboração desta obra.

-Antonio José F. Enne

Dedico este livro aos meus pais, Maria Angélica e Joaquim, e a todos aqueles que acreditam que o poder da educação pode mudar o Brasil.

-Bruno Lima Wanderley

Agradeço a Deus e dedico este livro a meus pais, Yeda e Agenor Ferraz, a minha amada esposa Raquel, sempre ao meu lado, a meus mestres e mentores ao longo da vida, a nossos filhos, a meus irmãos e a meus amigos.

-Cristiano Henrique Ferraz

# Índice Geral

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

- 1.1 – PREÂMBULO
- 1.2 – O QUE É CARRIER ETHERNET
- 1.3 – EVOLUÇÃO DE CARRIER ETHERNET

## **CAPITULO 2 - ARQUITETURA, CONCEITOS BÁSICOS E SERVIÇOS**

- 2.1 - PREÂMBULO
- 2.2 - ARQUITETURA DE REDE (Padrão MEF 4)
  - 2.2.1 - Modelo de Referência
  - 2.2.2 - Modelo de Camadas de Serviços
    - 2.2.2.1 - Camada de Serviços de Transporte (TRAN Layer)
    - 2.2.2.2 - Camada de Serviços Ethernet (ETH Layer)
- 2.3 – CONCEITOS BÁSICOS EM CARRIER ETHERNET
  - 2.3.1 – Introdução a Interfaces em Redes Carrier Ethernet
  - 2.3.2 – Introdução a EVCs e a OVCs
- 2.4 – ECs e ECSs (PADRÃO MEF 12.2)
  - 2.4.1- Papeis desempenhados por ECs
  - 2.4.2- Tipos de EC
- 2.5 - PRESERVAÇÃO DE CE-VLAN ID, MULTIPLEXAÇÃO DE SERVIÇOS E AGRUPAMENTOS
  - 2.5.1 - Preservação de CE-VLAN ID
    - 2.5.1.1 - Preservação de CE-VLAN ID em EVCs
    - 2.5.1.2- Preservação de CE-VLAN ID em OCVs
  - 2.5.2– Multiplexação de Serviços
    - 2.5.2.1 -Multiplexação de Serviços entre Uma UNI e outras UNIs
    - 2.5.2.2 -Multiplexação de Serviço entre Duas UNIs
  - 2.5.3 - Agrupamento
  - 2.5.4– Agrupamento Todos em Um
  - 2.5.5- Combinações entre Atributos de Serviço
- 2.6 – QUADROS DE SERVIÇO EM EVCS
  - 2.6.1 - Formatos de Quadros de Serviço
  - 2.6.2 - Aplicação de Preservação de CE-VLAN ID

2.6.2.1 - Atributo de Serviço Preservação de CE-VLAN ID em EVCs  
Habilitado

2.6.2.2 - Atributo de Serviço Preservação de CE-VLAN ID em EVCs  
Desabilitado

2.6.2.3 – Aplicação de Preservação de CE-VLAN ID em OVCs

2.7 - PROVEDORES DE SERVIÇO, OPERADORES E SUPER OPERADORES

2.8 – SERVIÇOS CARRIER ETHERNET

2.8.1– Serviços de EVC (Padrão MEF 6.2)

2.8.1.1 - Serviços Privativos e Serviços Privativos Virtuais

- Exemplo de Serviço EP-LAN
- Exemplo de Serviço EVPL
- Exemplo de Serviço EVP-LAN e Serviço EVP-Tree

2.8.1.2– Serviços de OVC

2.8.2- Padrão MEF 33

2.8.2.1- Serviços Access EPL e Access EVPL

2.8.2.2- Exemplos de Serviço Access EPL

2.8.2.3- Exemplos de Serviço Access EVPL

2.8.2.4 - Uso de NIDs em Serviços E-Access

2.8.3- Padrão MEF 51

2.8.3.1 – Serviços de OVC Gerais

- Serviço O – Line
- Serviço O - LAN
- Serviço O – TREE

2.8.3.2 – Serviços de OVC Específicos

- Serviço Access E-Line
- Serviço Access E-LAN
- Serviço Transit E-Line
- Serviço Transit E-LAN

## **CAPITULO 3 - INTERFACES E PONTOS DE TERMINAÇÃO**

3.1 – PREÂMBULO

3.2 -UNI (User Network Interface)

3.2.1 – Padrão MEF 11 ( Requisitos e Estruturação)

3.2.1.1 – UNI-C e UNI-N

3.2.1.2 – Modelo de Referência da UNI

- 3.2.2-Padrão MEF 13 (ETH UNI Tipo 1)
  - 3.2.2.1-ETH UNI Tipo 1.1
  - 3.2.2.2-ETH UNI Tipo 1.2
- 3.2.3-Padrão MEF 20 (ETH UNI Tipo 2)
  - 3.2.3.1-Características Gerais da UNI Tipo 2
  - 3.2.3.2 Funcionalidades Suportadas
  - 3.2.3.3- Descobrimto e Configuração
  - 3.2.3.4- Ethernet Local Management Interface (E-LMI)
  - 3.2.3.5- OAM de Link
  - 3.2.3.6 - OAM de Serviço (SOAM)
  - 3.2.3.7- Proteção
  - 3.2.3.8 - Atributos Aprimorados de UNI
  - 3.2.3.9- Processamento de L2CP e de OAM de Serviço (SOAM)
- 3.3-ENNI (External Network Network Interface)
  - 3.3.1- Elemento Funcional ENNI-N
  - 3.3.2- Aspectos Relativos à ENNI
  - 3.3.3 -Agregação de Links em ENNIs
  - 3.3.4-Suporte de OAM de Link pela ENNI
  - 3.3.5- Quadros de ENNI e Quadros de EI
    - 3.3.5.1- Estrutura de Quadros de ENNI
    - 3.3.5.2 – Tipos de Quadros de ENNI
    - 3.3.5.3 – Formatos de Quadros de ENNI
    - 3.3.5.4.- OVC Agrupada (Bundled OVC)
    - 3.3.5.5. – Quadros de EI
- 3.4 - PONTOS DE TERMINAÇÃO DE OVC
  - 3.4.1-Papéis de Pontos de Terminação de OVC
    - 3.4.1.1-Pontos de Terminação de OVC Tronco
    - 3.4.1.2-Medidas Impeditivas
    - 3.4.1.3 – Conectividade entre Pontos de Terminação de OVC
  - 3.4.2-Exemplos de EVC Multiponto com Raiz
    - 3.4.2.1- Exemplo de EVC sem Pontos de Terminação de OVC Tronco.
    - 3.4.2.2- Exemplo de EVC com OVC Agrupada
    - 3.4.2.3-Exemplo de EVC com Pontos de Terminação de OVC Tronco.
  - 3.4.3-Comutação Hairpin (Hairpin Switching)

## 3.5 – MODELOS DE NID E INTERFACES ASSOCIADAS

### 3.5.1 – T-NID e S-NID

### 3.5.2– H-NID (NID Híbrido) e VNID (Virtual NID)

#### 3.5.2.1- Provimento pelo AP

#### 3.5.2.2- Uso de NID Externo do SP

#### 3.5.2.3 – Uso de VNID na Rede do AP

## 3.6 - VUNI, RUNI, UTA E FEEDER OVCs

### 3.6.1 – VUNI (Virtual UNI) e RUNI (Remote UNI)

### 3.6.2 – UTA(UNI Tunnel Access)

#### 3.6.2.1 – EVCs Multiplexadas em um UTA

#### 3.6.2.2-Múltiplos UTAs Associados a uma ENNI

### 3.6.3– Feeder OVCs (Padrão MEF 26.2)

#### 3.6.3.1 – Notações de Ícones Utilizadas

- Formato E

- Formato T

- Formato V

- Formato U

#### 3.6.3.2 – Feeder OVCs em Sequência

#### 3.6.3.3- Conexão Direta entre uma RUNI e Múltiplas VUNIs

#### 3.6.3.4 – Outro Exemplo de Feeder OVCs em Sequência

#### 3.6.3.5 – Feeder OVCs Utilizando VUNIs em Cascata

#### 3.6.3.6- Feeder OVCs utilizando VUNIs Back to Back

#### 3.6.3.7 - Feeder OVCs em EVC com Agrupamento

## **CAPÍTULO - 4 SERVIÇOS ETHERNET DE EVC**

### 4.1- PREÂMBULO

### 4.2 – REVISÃO CONCEITUAL

### 4.3 - ATRIBUTOS DE SERVIÇO PARA SERVIÇOS DE EVC

#### 4.3.1 - Atributos de Serviço de EVC

##### 4.3.1.1 - Atributo de Serviço Tipo de EVC

##### 4.3.1.2 - Atributo de Serviço EVC ID

##### 4.3.1.3 - Atributo de Serviço UNI List

##### 4.3.1.4 - Atributo de Serviço Número Máximo de UNIs (MNU)

##### 4.3.1.5 - Atributos de Serviço Entrega de Quadros de Serviço de Dados

##### 4.3.1.6 – Preservação de CE-VLAN Tags

4.3.1.7 - Atributo de Serviço Processamento de Protocolo de Controle de Camada 2 em EVC

4.3.1.8 - Atributos de Serviço Desempenho Relacionado a EVC

4.3.1.9 - Atributo de Serviço Tamanho Máximo da Unidade de Transmissão (MTU) para EVC

4.3.2 - Atributos de Serviço de UNI

4.3.2.1 - Atributo de Serviço Identificador de UNI

4.3.2.2 - Atributo de Serviço Camada Física

4.3.2.3 - Atributo de Serviço Modo Sincrono

4.3.2.4 - Atributo de Serviço Número de Links

4.3.2.5 - Atributo de Serviço Resiliência de UNI

4.3.2.6 - Atributo de Serviço Formato de Quadro de Serviço

4.3.2.7 - Atributo de Serviço Tamanho Máximo da Unidade de Transmissão (MTU) na UNI

4.3.2.8 - Atributo de Serviço Multiplexação de Serviços

4.3.2.9 - Atributo de Serviço CE-VLAN ID para Quadros de Serviço Untagged e Priority Tagged

4.3.2.10 - Atributo de Serviço Mapa CE-VLAN ID/EVC

4.3.2.11 - Atributo de Serviço Número Máximo de EVCs

4.3.2.12 - Atributo de Serviço Agrupamento

4.3.2.13 - Atributo de Serviço Agrupamento Todos em Um

4.3.2.14 - Perfis de Vazão de Tráfego

4.3.2.15 - Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por UNI

4.3.2.16 - Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por UNI

4.3.2.17 - Atributo de Serviço OAM de Link

4.3.2.18 - Atributo de Serviço MEG de UNI

4.3.2.19 - Atributo de Serviço E-LMI

4.3.2.20 - Atributo de Serviço Processamento de Protocolo de Controle de Camada 2 em UNI

4.3.2.21 - Atributo de Serviço Token Share

4.3.2.22 - Atributo de Serviço Envelopes

4.3.2.23 - Atributo de Serviço UNI L2CP Address Set

- 4.3.2.24 - Atributo de Serviço UNI L2CP Peering
- 4.3.3 - Atributos de Serviço de EVC por UNI
  - 4.3.3.1 - Atributo de Serviço UNI EVC ID
  - 4.3.3.2 - Atributo de Serviço Identificador de Classe de Serviço
    - CoS ID em Quadros de Serviço de Dados
    - CoS ID em Quadros de Serviço L2CP
    - CoS ID em Quadro de Serviço de SOAM
  - 4.3.3.3 - Atributo de Serviço Identificador de Cor
  - 4.3.3.4 - Atributo de Serviço Identificador de Classe de Equivalência de Egresso
    - 4.3.3.5 - Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por EVC
    - 4.3.3.6 - Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Identificador de Classe de Serviço
      - 4.3.3.7 - Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EVC
      - 4.3.3.8 - Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Identificador de Classe de Equivalência de Egresso
        - 4.3.3.9 - Atributo de Serviço Limite de Endereços MAC de Origem
        - 4.3.3.10 - Atributo de Serviço Test MEG
        - 4.3.3.11 - Atributo de Serviço MEG MIP de Usuário
- 4.4 – ATRIBUTOS DE SERVIÇO PARA SERVIÇOS DE EVC ESPECÍFICOS
  - 4.4.1-Serviço EPL(Ethernet Private Line)
    - 4.4.1.1 - Atributos de Serviço de EVC Específicos para o EPL
    - 4.4.1.2 - Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EPL
    - 4.4.1.3 - Atributos de Serviço de EVC por UNI Específicos para o EPL
  - 4.4.2-Serviço EVPL(Ethernet Virtual Private Line)
    - 4.4.2.1 - Atributos de Serviço de EVC Específicos para o EVPL
    - 4.4.2.2 - Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EVPL
    - 4.4.2.3 - Atributos de Serviço de EVC por UNI Específicos para o EVPL
  - 4.4.3-Serviço EP-LAN(Ethernet Private LAN)
    - 4.4.3.1 - Atributos de Serviço de EVC Específicos para o EP-LAN
    - 4.4.3.2 - Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EP-LAN
    - 4.4.3.3 - Atributos de Serviço de EVC por UNI Específicos para o EP- LAN
  - 4.4.4-Serviço EVP-LAN(Ethernet Virtual Private LAN)
    - 4.4.4.1 - Atributos de Serviço de EVC Específicos para o EVP-LAN

- 4.4.4.2 - Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EVP-LAN
- 4.4.4.3 - Atributos de Serviço de EVC por UNI Específicos para o EVP-LAN
- 4.4.5-Serviço EP-Tree(Ethernet Private Tree)
  - 4.4.5.1 - Atributos de Serviço de EVC Específicos para o EP-Tree
  - 4.4.5.2 - Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EP-Tree
  - 4.4.5.3 - Atributos de Serviço de EVC por UNI Específicos para o EP-Tree
- 4.4.6-Serviço EVP-Tree(Ethernet Virtual Private Tree)
  - 4.4.6.1 - Atributos de Serviço de EVC Específicos para o EVP-Tree
  - 4.4.6.2 - Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EVP-Tree

## **CAPÍTULO 5 - SERVIÇOS ETHERNET DE OVC**

### 5.1 – PREÂMBULO

### 5.2 – PADRÃO MEF 26.2

- 5.2.1 - Atributos de Serviço Comuns de ENNI
- 5.2.2 - Atributos de Serviço Multilaterais de Operador
- 5.2.3 - Atributos de Serviço de OVC
  - 5.2.3.1 - Atributo de Serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs

#### Hipótese 3

- 5.2.3.2 - Atributo de Serviço Preservação de CE-VLAN PCP em OVCs.
- 5.2.4 - Atributos de Serviço de ENNI
- 5.2.5 - Atributos de Serviço de UNI de Operador
- 5.2.6 - Atributos de Serviço de VUNI
- 5.2.7 - Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC
  - 5.2.7.1 – Identificador de Classe de Serviço em Ponto de Terminação de

#### OVC

- 5.2.7.2 – Identificador de Classe de Cor em Ponto de Terminação de OVC
  - 5.2.7.3 - Atributo de Serviço Mapa de Egresso de Ponto de Terminação de

#### OVC

### 5.3 – PADRÃO MEF 33

- 5.3.1 – Serviço Access EPL
  - 5.3.1.1 - Atributos de Serviço de UNI
  - 5.3.1.2 - Atributos de Serviço de OVC por UNI
  - 5.3.1.3 - Atributos de Serviço de OVC
  - 5.3.1.4 - Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI.
  - 5.3.1.5 - Atributos de Serviço de ENNI

- 5.3.2 – Serviço Access EVPL
  - 5.3.2.1 - Atributos de Serviço de UNI
  - 5.3.2.2 - Atributos de Serviço de OVC por UNI
  - 5.3.2.3 - Atributos de Serviço de OVC
  - 5.3.2.4 - Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI.
  - 5.3.2.5 - Atributos de Serviço de ENNI

#### 5.4 – PADRÃO MEF 51

- 5.4.1 - Atributos de Serviço e Requisitos Comuns no Padrão MEF 51
  - 5.4.1.1 - Atributos de Serviço Nível de MEG Disponível na OVC
  - 5.4.1.2 - Atributos de Serviço de OVC
  - 5.4.1.3 - Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI
  - 5.4.1.4 - Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por UNI
  - 5.4.1.5 - Atributos de Serviço de ENNI
  - 5.4.1.6 - Atributos de Serviço de UNI
- 5.4.2 - Atributos de Serviço para Serviços de OVC Específicos e Respectivos

#### Requisitos

- 5.4.2.1 - Atributos de Serviço de OVC
- 5.4.2.2 - Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI
- 5.4.2.3 - Atributo de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por UNI
- 5.4.2.4 –Atributos de Serviço de ENNI
- 5.4.2.5 - Atributos de Serviço de UNI

## **CAPÍTULO 6 - QUALIDADE DE SERVIÇO EM CARRIER ETHERNET**

- 6.1 - PREÂMBULO
- 6.2 - CLASSES DE SERVIÇO EM CARRIER ETHERNET – FASE 3
  - 6.2.1 - Definições Constantes do Capítulo 4 deste Livro
  - 6.2.2 – Conceitos Adicionais
    - 6.2.2.1 - CPOs
    - 6.2.2.2 – OEPPs
    - 6.2.2.3 – CoS FSs
    - 6.2.2.4 - PTs
  - 6.2.3 – Composto CPOs Fim a Fim
  - 6.2.4 – Modelo Three CoS Label
  - 6.2.5 – Aplicação do Padrão MEF 23.2
  - 6.2.6– Mapeamento de CoS ID e Color ID em CoS Label e em Cor

- 6.2.7 – Métricas de Desempenho
- 6.2.8 – Parâmetros de Desempenho
- 6.2.9– CPOs por CoS Label e por PT
- 6.2.10– Mapeamento de Aplicações em Cos Label e PTs
- 6.3 – PERFIS DE VAZÃO DE TRÁFEGO
  - 6.3.1 – Único Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego
  - 6.3.2 – Múltiplos Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego
- 6.4 – ALGORITMO TOKEN BUCKET GENÉRICO (GTBA)
  - 6.4.1 – Funcionamento do GTBA
    - 6.4.1.1 – Conceção Básica
    - 6.4.1.2 – Parâmetros Utilizados
  - 6.4.2– Exemplos de Perfis de Vazão de Tráfego
    - 6.4.2.1– Exemplo com  $CF^o = 0$  e  $CFis = 1$
    - 6.4.2.2– Exemplo com  $CF^o = 0$  e  $CFis = 0$
    - 6.4.2.3– Exemplo com  $CF^o = 1$  e  $CFis = 0$
    - 6.4.2.4– EVCs Ativas / Standby

## **Capítulo 7 - APLICAÇÕES ESPECIAIS DE CARRIER ETHERNET**

- 7.1 – PREÂMBULO
- 7.2 - SERVIÇO DE EMULAÇÃO DE CIRCUITOS SOBRE ETHERNET
  - 7.2.1-Definição dos Tipos de CESoETH
  - 7.2.2-TDM Line Service (T-Line)
    - 7.2.2.1 – Modos Operacionais do Serviço T-Line
      - Modo Não Estruturado e Modo Estruturado de Emulação
      - Modo Multiplexação
    - 7.2.2.2 – Provisionamento de Banda Passante para o Serviço T-Line
  - 7.2.3-TDM Access Line Service (TALS)
  - 7.2.4-CESoETH Operado pelo Usuário
  - 7.2.5 – Modo Misto de Operação do CESoETH
  - 7.2.6-Requisitos para o CESoETH
  - 7.2.7-Embasamento e Especificação do CESoETH
    - 7.2.7.1- Tipos de Interface e Funções
    - 7.2.7.2 – CES IWF
    - 7.2.7.3 – Arquitetura Funcional
    - 7.2.7.4-Terminologia para Direcionamento

- 7.2.7.5-Encapsulamento do TDM Payload
- 7.2.7.6-Formatos do TDM Payload
- 7.2.7.7-Sincronização
- 7.3 – BACKHAUL MÓVEL FASE 3
  - 7.3.1 – Topologias de Redes Móveis
    - 7.3.1.1 – Macro Células / Redes Homogêneas
    - 7.3.1.2 – Células Pequenas / Redes Heterogêneas
  - 7.3.2-Modelo para Serviços no Backhaul Móvel (MBH)
    - 7.3.2.1 – Cenários 1 (1a e 1b)
    - 7.3.2.2 – Cenários 2 (2a e 2b)
  - 7.3.3 -Aplicação das Definições de Serviços MEF ao Backhaul Móvel
    - 7.3.3.1 – Serviço EPL
    - 7.3.3.2 – Serviço EVPL
    - 7.3.3.3 – Serviço EP-LAN e EVP-LAN
    - 7.3.3.4 – Serviços EP-Tree e EVP-Tree
  - 7.3.4- OAM Ethernet
  - 7.3.5 - Atributos de Desempenho Relativos a Resiliência
    - 7.3.5.1-Disrupções de Curta Duração
    - 7.3.5.2-Diversidade
  - 7.3.6-Requisitos de UNI
  - 7.3.7 - Atributos de Serviço de UNI
  - 7.3.8-Requisitos de EVC
  - 7.3.9-Sincronização
    - 7.3.9.1-Métodos Relevantes
    - 7.3.9.2-Métodos Baseados em Pacotes
    - 7.3.9.3-Métodos Baseados em Ethernet Síncrona (SyncE)
- 7.4 – CARRIER ETHERNET EM PROCESSAMENTO NA NUVEM
  - 7.4.1 – Modelo para Prestação de Serviço
  - 7.4.2 – Aplicação de Serviços MEF a Serviços de Nuvem
    - 7.4.2.1 – Atendimento a DCI
    - 7.4.2.2 – Atendimento a DCA
    - 7.4.2.3 – Uso de Serviço E-Access
    - 7.4.2.4 – Uso dos Serviços E-Tree e E-LAN.
  - 7.4.3 – Serviços Carrier Ethernet Elásticos.

- 7.4.3.1 - Atributos de Serviço Elásticos
- 7.4.3.2 – Limites e Parâmetros para Serviços Elásticos

## **CAPÍTULO 8 - L2CP E E-LMI**

- 8.1 – PREÂMBULO
- 8.2 –L2CPs (Protocolos de controle de camada 2)
  - 8.2.1 – Endereços e Protocolos L2CP
  - 8.2.2 – Modelo Comportamental de L2CP
    - 8.2.2.1 – Modelo Comportamental de L2CP em uma CEN
    - 8.2.2.2 – Modelo Comportamental de L2CP em Redes Multi-CEN
    - 8.2.2.3 – Modelo Comportamental de L2CP em uma VUNI
  - 8.2.3 - Atributos de Serviço L2CP
    - 8.2.3.1 - Atributo de Serviço L2CP Address Set
    - 8.2.3.2 –Atributo de Serviço L2CP Peering
    - 8.2.3.3 - Atributo de Serviço ENNI Tagged L2CP Frame Processing
  - 8.2.4 – Sumário de Uso dos Atributos de Serviço L2CP
  - 8.2.5– Processamento de Quadros de Serviço L2CP em UNIs e VUNIs (CTA e CTB)
    - 8.2.6 – Processamento de Quadros L2CP em UNIs (CTB-2)
      - 8.2.6.1 – Primeiro Agrupamento
      - 8.2.6.2 – Segundo Agrupamento
      - 8.2.6.3 – Terceiro Agrupamento
    - 8.2.7 – Processamento de BPDUs
- 8.3 – ETHERNET LOCAL MANAGEMENT INTERFACE (E-LMI).
  - 8.3.1-Localização e Procedimentos no E-LMI
  - 8.3.2-Mensagens do Protocolo E-LMI
  - 8.3.3-Interação entre SOAM FM e E-LMI

## **CAPÍTULO 9 - OAM, RECUPERAÇÃO E GERENCIAMENTO**

- 9.1 - PREÂMBULO
- 9.2 – OPERATIONS, ADMINISTRATION AND MAINTENANCE
  - 9.2.1 – OAM de Link (LOAM)
  - 9.2.2 – OAM de Serviço (SOAM)
  - 9.2.3 –Estrutura, Componentes e Requisitos em SOAM
    - 9.2.3.1 -Entidade de Manutenção (ME)

- 9.2.3.2-Grupo de MEGs (MEG) / Associação de Manutenção (MA)
- 9.2.3.3 -Ponto Final de MEG (MEP)
- 9.2.3.4-Ponto Intermediário de MEG (MIP)
- 9.2.3.5 -Ponto de Condicionamento de Tráfego (TrCP)
- 9.2.3.6 -Nível de MEG
- 9.2.3.7 –Domínio de OAM
- 9.2.3.8 – Mapeamento entre Terminologias
- 9.2.4 – Tipos de MEG
  - 9.2.4.1 -MEG de Usuário (Nível 6)
  - 9.2.4.2 -MEG de Teste (Nível 5)
  - 9.2.4.3 -MEG de EVC (Nível 4)
  - 9.2.4.5 -MEG de Operador (Nível 2)
  - 9.2.4.6 -MEG de UNI (Nível 1)
  - 9.2.4.7 -MEG de ENNI (Nível 1)
  - 9.2.4.8 -MEG de LAG e MEG de Link de LAG (Nível 0)
- 9.2.5 – Protocolos de SOAM-FM
  - 9.2.5.1 -Verificação de Continuidade (ETH-CC)
  - 9.2.5.2 -Sinal de Indicação de Defeito Remoto (ETH-RDI)
  - 9.2.5.3 -Loopback (ETH-LB).
  - 9.2.5.4 -Linktrace (ETH-LT)
  - 9.2.5.5 -Sinal de Indicação de Alarme (ETH-AIS)
  - 9.2.5.6 -Sinal Locked (ETH-LCK)
  - 9.2.5.7 -Sinal de Teste (ETH-Test)
  - 9.2.5.8 -Falha de Sinal de Cliente (ETH-CSF)
  - 9.2.5.9 –Sumário de Protocolos e Mensagens / Sinais em SOAM FM
- 9.2.6-Interação entre SOAM FM e Outros Protocolos
- 9.2.7-Monitoração de Desempenho (SOAM PM)
- 9.2.8 – Métricas de Desempenho e Mensagens
- 9.2.9-Soluções de PM
  - 9.2.9.1-Envolvimento de Camadas
  - 9.2.9.2 –Funções de SOAM PM
  - 9.2.9.3 – Relação entre Mecanismos ITU-T de SOAM PM, Funções de SOAM PM e SOAM PM PDUs
  - 9.2.9.4 –Tipos de Solução de PM

- 9.2.10 – Sessões de PM
  - 9.2.10.1- Sessões de PM Proativas e Sob Demanda
  - 9.2.10.2-Armazenamento de Medições de Desempenho
- 9.2.11-Formatação de OAM PDUs
  - 9.2.11.1- Tipos de OpCode
  - 9.2.11.2- Tipos de TLV
  - 9.2.11.3- Endereços de OAM PDUs
- 9.3 –RECUPERAÇÃO (PROTEÇÃO E RESTAURAÇÃO)
  - 9.3.1 – Tipos e Modos de Proteção
    - 9.3.1.1– Proteção 1+1
    - 9.3.1.2 – Proteção M:N
    - 9.3.1.3 – Proteção 1:1
    - 9.3.1.4 – Proteção N:1 e Proteção 1:N
    - 9.3.1.5 – Proteção no Modo Revertível e Não-Revertível
  - 9.3.2 – Zonas de Interconexão
  - 9.3.3- Proteção de EVCs
  - 9.3.4 – Requisitos para Proteção de Serviço
- 9.4- GERENCIAMENTO DE REDES CARRIER ETHERNET
  - 9.4.1- Padrão MEF 7.3
    - 9.4.1.1- Modelo Lógico
    - 9.4.1.2-Conjuntos de Funções (Function Sets)
  - 9.4.2-Padrão MEF 15
  - 9.4.3-Padrão MEF 31
  - 9.4.4 - Padrão MEF 40

## **Capítulo 10 - TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE E DE ACESSO**

- 10.1 – PREÂMBULO
- 10.2 –TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE
  - 10.2.1 – Tecnologias Baseadas no IEEE
    - 10.2.1.1 – Bridging
    - 10.2.1.2 – Provider Bridging (PB)
    - 10.2.1.3 –Provider Backbone Bridging (PBB)
    - 10.2.1.4 – PBB-TE
  - 10.2.2 – Tecnologias Baseadas em MPLS
    - 10.2.2.1 – VPWS

- 10.2.2.2 – VPLS
- 10.2.2.3 – MPLS-TP
- 10.2.3- Tecnologias de Transporte Transparentes
  - 10.2.3.1- SDH (Synchronous Digital Hierarchy)
    - Containers (Cs)
    - Containers Virtuais (VCs)
    - Unidades Tributárias (TUs)
    - Grupos de Unidades Tributárias (TUGs)
    - Unidades Administrativas (AUs)
    - Grupos de Unidades Administrativas (AUGs)
    - Mapeamento de Tributários PDH
  - 10.2.3.2-Next Generation SDH (NG-SDH)
  - 10.2.3.3 - Concatenação de VCs em SDH
  - 10.2.3.4 - Concatenação Contígua de VCs
  - 10.2.3.5-Concatenação Virtual (VCAT)
  - 10.2.3.6- Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS)
  - 10.2.3.7–OTN (Optical Transport Network)
  - 10.2.3.8- Ethernet sobre SDH e OTN
  - 10.2.3.9-Mapeamento Nativo de Ethernet em SDH
  - 10.2.3.10-EoSDH pelo LAPS
  - 10.2.3.11-EoSDH e EoOTN pelo GFP
  - 10.2.3.12 –WDM (Wavelength Division Multiplexing)
  - 10.2.3.13- SDH, OTN e Redes WDM em Carrier Ethernet
- 10.3 – TECNOLOGIAS DE ACESSO

## **CAPÍTULO 11 - TERCEIRA REDE E LSO**

- 11.1 – PREÂMBULO
- 11.2 – VISÃO DA TERCEIRA REDE
  - 11.2.1 – Princípios de Funcionamento
  - 11.2.2 – Exemplos de uso da Visão da Terceira Rede
    - 11.2.2 .1 – Terceira Rede para Empresas
    - 11.2.2.2 – Exemplo de Redes de Transporte (Tran-Layer)
- 11.3 – LSO (Lifecycle Service Orchestration)
  - 11.3.1 – Modelo Conceitual da LSO
  - 11.3.2 – Metodologia de Engenharia da LSO

- 11.3.3 – Arquitetura de Referência da LSO
  - 11.3.3.1 – Entidades de Gerenciamento Funcional
  - 11.3.3.2 – Pontos de Referência de Interface de Gerenciamento
  - 11.3.3.3 – Abstrações de Gerenciamento de LSO
- 11.4 – CARRIER ETHERNET E NFV
  - 11.4.1 – A concepção de NFV
    - 11.4.1.1 – Padrão ETSI GS NFV 002 – v1.1.1
    - 11.4.1.2 – NFV em Dependências de Usuário
  - 11.4.2 – Serviços Ethernet Baseados em NFV
    - 11.4.2.1 – Conectividade para Serviços de Nuvem
    - 11.4.2.2 – Cenários para Virtualização em serviços E-Access
- 11.5 – CARRIER ETHERNET E SDN
  - 11.5.1 – Descrição de SDN
  - 11.5.2 – Arquitetura SDN
  - 11.5.3 – SDN e OSS/BSS
  - 11.5.4 – Serviços Ethernet Baseados em SDN
    - 11.5.4.1 – Arquiteturas de Redes com SDN
    - 11.5.4.2 – Funções Processadas no Plano de Controle e no Plano de Dados
  - 11.4.4.3 - Aplicações de Carrier Ethernet
    - . Criação de Serviço EVPL
    - . Alteração de Valor de CIR pelo Usuário

## Prefácio

Só quem já se dispôs a escrever um livro sabe do esforço que os autores dedicam à execução de uma obra. Ser de leitura agradável, atender às necessidades específicas do leitor, realizar pesquisas confiáveis, relacionar outras bibliografias complementares, atender aos prazos estabelecidos, dedicar tempo à sua realização em detrimento da família, são alguns dos atributos que estão sempre em avaliação pelo autor, às vezes até conflitantes entre si. Escrever um livro técnico no Brasil, então, representa um desafio muito maior, pelo aspecto do mercado mais restrito e das intrínsecas limitações econômicas.

No entanto, a criação de um arcabouço de conhecimento, que possa alavancar o país para maiores patamares de desenvolvimento tecnológico e econômico, passa por alicerçar as bases de um conjunto de informações que possa estar acessível na língua mãe e disponível a todos os cidadãos. Neste sentido, com o advento da internet, mudanças significativas no meio editorial têm permitido um acesso mais universal ao conhecimento, a custos menores e com novas formas de distribuição dos conteúdos.

Os autores da presente obra, Antônio José Figueiredo Enne, Bruno Lima Wanderley e Cristiano Henrique Ferraz são autores de outros livros, educadores e profissionais respeitados no mercado. Conheço-os muito bem, pela dedicação e profundo conhecimento dos diversos aspectos que envolvem as redes de telecomunicações. E, mais uma vez, enfrentaram o árido mundo das normas e recomendações deste setor, no intuito de oferecer ao leitor um melhor caminho para sua compreensão. Notadamente, as redes de telecomunicações têm evoluído muito rapidamente nos últimos anos, mas o conhecimento das referências básicas de suas construções é fundamental para o estudo e projeção dos caminhos futuros.

E devemos ter sempre em conta que a infraestrutura de telecomunicações é indutora do desenvolvimento de um país. Praticamente todas as aplicações nas redes de telecomunicações atualmente, que dão suporte a educação, saúde, segurança, entretenimento e soberania nacional, são suportadas por esta infraestrutura, para dar ao indivíduo a oportunidade do exercício pleno da cidadania.

Portanto, é com grande satisfação que prefacio esta obra, de autores competentes, interessados pura e simplesmente na difusão do conhecimento de forma ampla e irrestrita. Que outras venham, para não ficarmos dependentes do desenvolvimento alheio em outras línguas, afastados da singularidade da realidade brasileira.

*Marcio Patusco Lana Lobo*

*Engenheiro de telecomunicações*

*Diretor de Atividades Técnicas do Clube de Engenharia*

*Coordenador da Câmara Especializada de Engenharia Elétrica do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro – CREA RJ*

# **Autores**

## **Antonio José Figueiredo Enne**

Engenheiro Eletricista com especialização em Telecomunicações pela UFRJ, pós-graduação lato-sensu em Engenharia Econômica também pela UFRJ, participou de diversos cursos de extensão universitária e de cursos em empresas.

Por dois anos, participou de programa de desenvolvimento de executivos de Telecomunicações nos Estados Unidos e Chile, pela International Telephone and Telegraph (ITT).

Trabalhou por 30 anos na EMBRATEL, exercendo cargos de chefia, principalmente na Área de Comunicação de Dados. Ainda na EMBRATEL, idealizou, coordenou e participou do PATT (Programa de Atualização em Telecomunicações e Teleinformática) com mais de 1.250 horas de aula.

Foi coordenador do segmento de Teleinformática de congressos nacionais e internacionais da SUCESO e da TELEXPO.

Autor de diversos artigos, apostilas e livros, incluindo trabalhos premiados por entidades representativas, ministrou cursos e palestras em diferentes entidades e eventos incluindo universidades e congressos nacionais/internacionais. Participou de viagens internacionais como representante da EMBRATEL.

É autor do livro FRAME RELAY: Redes, Protocolos e Serviços co-editado pela Editora Saraiva e pela EMBRATEL (1998), do livro TCP/IP sobre MPLS pela Editora Ciência Moderna (2009) e também do livro Novas Tecnologias de Redes Ethernet (em co-autoria) pela Editora Elsevier (2017). Dedicar-se hoje à pesquisa e ao treinamento em novas tecnologias de redes de Comunicações de Dados em alta velocidade.

## **Bruno Lima Wanderley**

Engenheiro de Telecomunicações (IESAM), Mestre em Engenharia de Telecomunicações/Comunicação Multimídia pela Universidade Federal Fluminense (UFF), também atuando como assistente de pesquisa durante dois anos.

Atuou no início da carreira como analista de suporte e atualmente é professor convidado da UFF, na disciplina de Gerência Integrada de Redes de Serviços nos cursos de pós-graduação do departamento de Telecomunicações.

Atua também como instrutor na área de Redes de Computadores, Gerência de Redes e Segurança da Informação para empresas como Globosat, Oi, Presidência da República, Exército Brasileiro, dentre outras.

Exerce atualmente as funções de professor e coordenador de treinamento na UNISAT Telecom desde 2.010.

Autor do livro Novas Tecnologias de Redes Ethernet (em co-autoria) pela Editora Elsevier (2017).

Possui pós graduação em Tecnologia da Informação pela Universidade Cândido Mendes (UCAM) e diversas certificações na área de redes de computadores, gerência de redes, segurança da informação, telefonia IP e vídeo sobre IP de empresas como CompTIA, Cisco e NEC.

## **Cristiano Henrique Ferraz**

Engenheiro de Telecomunicações formado pela Universidade Federal Fluminense em 1978. Atuou como engenheiro de desenvolvimento na sede da Wandel&Goltermann (Alemanha) até 1985, e a suas atividades técnico-docentes acrescentou a posição de gerente regional para a área norte da América Latina no período de 1986-1989.

Desde maio de 2010, atua como consultor sênior da empresa Netcon Ltda – Engineering Excellence. A Netcon é dedicada a soluções de engenharia e consultoria sobre as mais recentes tecnologias utilizadas em telecomunicações e sobre a operação de serviços de telecomunicações.

Atualmente, ocupa a posição de CTO (Chief Technology Officer) na Netcon Americas, atuante no Brasil e nos demais países da América Latina, Caribe e Estados Unidos.

Tem atuado como professor convidado dos cursos de pós-graduação, extensão e MBA em telecomunicações de várias universidades latino americanas. Além disso, o engenheiro Ferraz é autor de diversos trabalhos e Informes Técnicos publicados por organismos internacionais e realiza com frequência palestras e conferências em congressos e simpósios internacionais.

Entre outras atividades, atuou como consultor junto à Petrobras e à Chesf, e criou e ministrou cursos de atualização tecnológica para várias empresas do continente. Em tempos recentes, o engenheiro Ferraz vem-se dedicando, principalmente, às novas tecnologias de redes ópticas, às tecnologias utilizadas em Redes Elétricas Inteligentes (Smart Grids), à transformação das empresas do setor de telecomunicações (Telco Transformation) e à estruturação da operação comercial de serviços de telecomunicações para utilities.

Autor do livro Novas Tecnologias de Redes Ethernet (em co-autoria) pela Editora Elsevier (2017).

# Apresentação

O propósito deste livro é o de apresentar, de forma abrangente e didática, as redes e os serviços Carrier Ethernet, tendo sido elaborado de forma a atender apropriadamente os profissionais brasileiros interessados nessa matéria.

Para a padronização e a coordenação da implementação de Carrier Ethernet, foi formado, no ano de 2001, o MEF (*Metro Ethernet Forum*). Com esse propósito, o MEF emitiu mais que 60 padrões.

O MEF é responsável pelo Programa MEF-CECP (*MEF Carrier Ethernet Certification Program*), tendo já certificado alguns milhares de profissionais em todo o mundo, abrindo-lhes maior perspectiva de sucesso profissional.

Trata-se de uma obra absolutamente original, sendo a única a tratar especificamente de Carrier Ethernet em nosso idioma. Ela se destina a todos os profissionais envolvidos ou interessados em Carrier Ethernet, com destaque para engenheiros, técnicos e estudantes de telecomunicações, assim como para profissionais e estudantes de TI (tecnologia da informação).

Destaca-se a indicação desta obra como texto preparatório não oficial para o exame destinado ao acesso ao Programa de Certificação MEF-CECP, hoje de maior interesse para um grande número de profissionais.

As telecomunicações atravessam hoje um intenso e longo processo de evolução, ou mesmo de revolução, que objetiva possibilitar que esse importante setor desempenhe o papel de destaque que lhe cabe na modernização da sociedade.

Um grande esforço se desenvolve em organismos internacionais de padronização no sentido de poupar os usuários de telecomunicações do envolvimento com a alta sofisticação das modernas tecnologias de redes empregadas.

As palavras de ordem empregadas com esse propósito são **abstração** e **unificação**. Apesar da complexidade e diversidade que ocorrem no interior das redes, a visão proporcionada aos usuários deve ser a de uma única tecnologia despida de sua sofisticação.

Carrier Ethernet é a tecnologia de rede recém concebida essencialmente com esses propósitos. Pela circunscrição das redes referentes às diferentes tecnologias hoje utilizadas (SDH, OTN, VPWS, VPLS, MPLS-TP, PB e PBB, como principais exemplos) por uma camada Ethernet (*ETH Layer*) externa, Carrier Ethernet proporciona a seus usuários a visão de um único e simplificado tipo de serviço, que são os serviços Carrier Ethernet ponto a ponto e multiponto privativos ou privativos virtuais.

A complexidade e diversidade interna das diferentes redes de transporte (que constituem a *TRAN Layer*) são abstratamente escondidas dos usuários, que enxergam exclusivamente os serviços Carrier Ethernet que lhes são prestados.

Adicionalmente, o que é da maior importância, a *ETH Layer* única vista externamente pelos usuários possibilita também a prestação de um conjunto de funções padronizadas independentemente do tipo de rede de transporte que estiver sendo utilizada. Observa-se que algumas dessas funções inexistem originariamente em algumas das redes de transporte atendidas por Carrier Ethernet.

## CAPÍTULO 1

# INTRODUÇÃO

### 1.1 – PREÂMBULO

O propósito deste livro é o de apresentar, de forma abrangente, as redes e os serviços Carrier Ethernet.

Para a padronização e coordenação da implementação de Carrier Ethernet, foi formado, em 2001, o *Metro Ethernet Forum* (MEF). Essa denominação decorre do fato de que, de início, Carrier Ethernet era referido como Metro Ethernet, tendo o nome inicial do fórum permanecido como MEF.

O trabalho do MEF, com base na emissão de mais que 60 padrões MEF contendo as especificações que definem os diferentes aspectos dessa nova tecnologia, conduziu Carrier Ethernet a uma posição elevada entre as opções de redes e serviços de conectividade existentes.

Carrier Ethernet representa uma alternativa de conectividade modo pacote com alto desempenho, oferecendo serviços de rede escaláveis e flexíveis.

O MEF é uma aliança global da indústria, abrangendo um número de organizações participantes superior a 225, dentre as quais encontram-se provedores de serviços de telecomunicações, fabricantes de equipamentos e de software de redes, vendedores de semicondutores e empresas de teste.

O MEF é responsável pelo Programa de Certificação MEF-CECP (*MEF Carrier Ethernet Certification Program*), tendo certificado alguns milhares de profissionais em todo o mundo. O MEF certificou também mais que 1000 produtos e serviços de mais que 200 fornecedores.

O mercado para serviços Carrier Ethernet excedeu 40 bilhões de dólares em 2014, com uma projeção para mais de 60 bilhões de dólares em 2018. Essas cifras elevadas atestam o sucesso indiscutível dessa tecnologia.

A grande aceitação de Carrier Ethernet resulta da consideração de que a maioria das aplicações baseadas em IP começam e terminam em uma rede Ethernet. O uso de Carrier Ethernet possibilita que uma tecnologia Ethernet comum seja utilizada fim a fim.

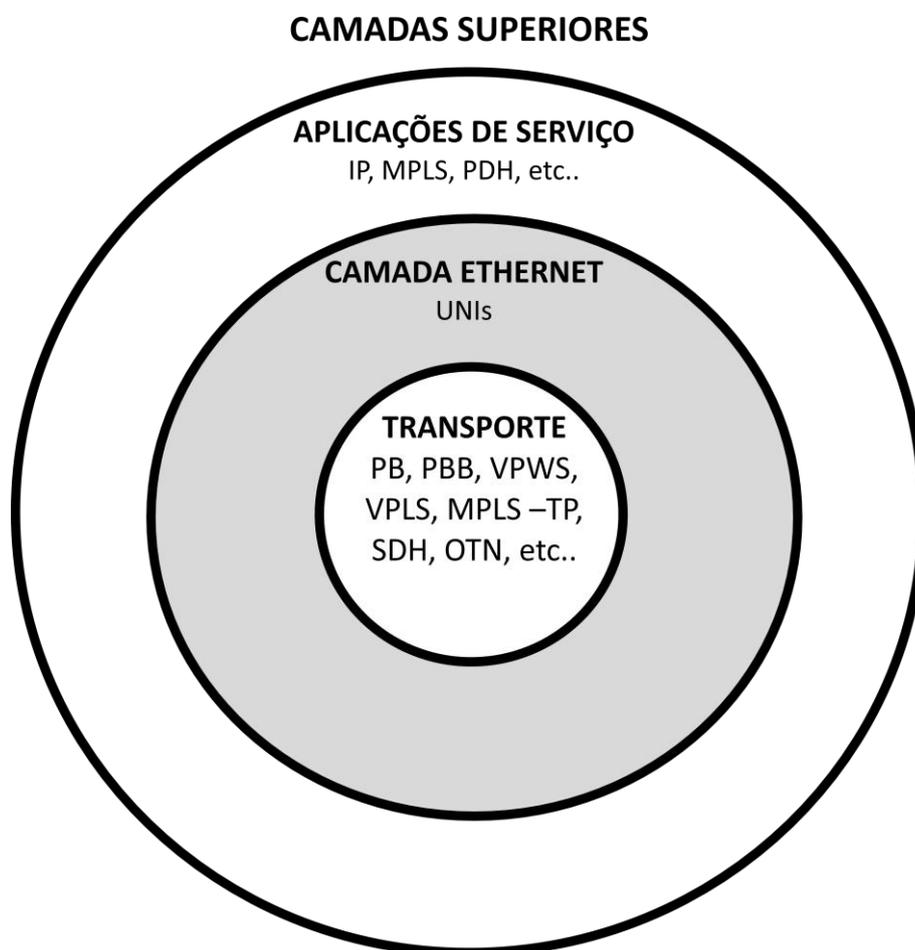
Sendo uma tecnologia modo pacote, Carrier Ethernet pode acomodar com elevada eficiência o tráfego estatístico hoje predominante.

### 1.2 – O QUE É CARRIER ETHERNET

Carrier Ethernet é uma tecnologia que objetiva a oferta de serviços Ethernet padronizados de alto desempenho, pela introdução de uma camada Ethernet

envolvendo diferentes redes de transporte, de modo a ocultar, do usuário e de suas aplicações, todas as particularidades técnicas das redes de transporte utilizadas.

A Figura 1.1 exibe a arquitetura de redes Carrier Ethernet, onde fica evidenciada a definição constante do parágrafo anterior.



**Figura1.1 – Arquitetura de redes Carrier Ethernet (avulso).**

Como se observa nessa figura, o que é visto pela aplicação do usuário são os serviços Carrier Ethernet oferecidos pela *ETH Layer*, que, abstratamente, oculta a *TRAN Layer*.

A visão externa da *ETH Layer* é provida por um conjunto de UNIs (*User Network Interfaces*), que, além do interfaceamento propriamente dito, acrescenta funções adicionais que aprimoram o desempenho das redes de transporte utilizadas na *TRAN Layer*. Na visão do usuário, o que existem são serviços Carrier Ethernet únicos, e não a gama variada de serviços que constituem *TRAN Layer*.

Os serviços Carrier Ethernet, também referidos pelo MEF simplesmente como serviços Ethernet, são prestados aos usuários por meio de conexões virtuais fim a fim (isto é, entre UNIs), denominadas EVCs (*Ethernet Virtual Connections*).

Uma EVC, consistindo em uma conexão virtual fim a fim entre duas ou mais UNIs, representa uma visão abstrata da conectividade que realmente ocorre no interior da *TRAN Layer*.

Caso a *TRAN Layer* consista em uma rede orientada a conexão ou uma rede modo circuito, a EVC se concretiza por meio de um ou mais circuitos virtuais ou circuitos reais, respectivamente. Podem ser citados o exemplo do MPLS no primeiro caso, e de SDH ou OTN no segundo caso.

Caso a *TRAN Layer* consista em uma rede sem conexão, a EVC se concretiza pela conectividade oferecida por essa rede. Podem ser citados os exemplos de redes PB (*Provider Bridging*) e de redes PBB (*Provider Backbone Bridging*).

O tipo de rede utilizada na *TRAN Layer* é opaca para o usuário. O que o usuário contrata é um serviço Carrier Ethernet ponto a ponto (um serviço E-Line), multiponto a multiponto (um serviço E-LAN) ou multiponto com raiz (um serviço E-Tree).

Atendido o SLA (*Service Level Agreement*) acordado com o provedor de serviço, o que se passa na *TRAN Layer* não importa para o usuário. Ressalva-se, contudo, que o tipo de rede utilizada na *TRAN Layer* pode se refletir nos valores tarifários aplicáveis aos serviços Carrier Ethernet.

### 1.3 – EVOLUÇÃO DE CARRIER ETHERNET

As WANs encontram-se hoje envolvidas em uma fase de mudança de paradigma. A demanda para vazão de tráfego continua crescendo, sem qualquer sinal de que esse crescimento vá cessar. Ao mesmo tempo, as expectativas apontam fortemente no sentido da introdução de novas concepções que agilizem o atendimento dessa crescente necessidade de meios, inclusive que possibilitem a disponibilização e a modificação, em demanda, desses meios.

O que se almeja, inclusive para redes Carrier Ethernet, é a implementação de instâncias de serviços em minutos, e não mais em semanas.

O Capítulo 11 deste livro tem como propósito apresentar a evolução que atualmente ocorre em Carrier Ethernet, em um nível de detalhamento que possibilite aos leitores o seu entendimento.

Sob a égide do MEF, a Visão da Terceira Rede, ou simplesmente Terceira Rede, e a LSO (*Lifecycle Service Orchestration*) recebem hoje uma grande atenção da indústria de telecomunicações. Embora destinadas a qualquer tipo de tecnologia de rede de telecomunicações, os esforços do MEF são no sentido de sua aplicação imediata em Carrier Ethernet.

Terceira Rede, baseada nos princípios da *NaaS (Network as a Service)* e de outras novas concepções tais como LSO, NFV e SDN, propõe-se a combinar, no escopo do MEF, a agilidade e ubiquidade da Internet Pública com o desempenho e a garantia de segurança oferecidos pelos serviços Carrier Ethernet.

LSO, por sua vez, representa uma ágil abordagem para o tratamento direto e para a automação do ciclo de vida de um serviço de conectividade (como por

exemplo Carrier Ethernet, IP VPN, MPLS, etc...), envolvendo todos os domínios de rede.

LSO inclui um conjunto de entidades de gerenciamento funcional que possibilita o seu uso para os serviços de conectividade da Terceira Rede.

Com o intuito de nortear e estimular a implementação dessas evolucionárias concepções, o MEF emitiu o padrão MEF 55 (*LSO Reference Architecture and Framework*).

Uma outra tendência evolutiva é a utilização de NFV (*Network Functions Virtualization*) e de SDN (*Software Defined Networking*) em redes Carrier Ethernet. Nesse sentido, o MEF emitiu os *White Papers "Carrier Ethernet and NFV"* e "*Carrier Ethernet and SDN"* partes 1 e 2.

Como parte da Visão da Terceira Rede, o MEF trabalha no sentido de definir um modelo para gerenciar serviços envolvendo múltiplas tecnologias, incluindo NFV e SDN, em adição aos elementos de infraestrutura tecnológica existentes. A estrutura de LSO do MEF descreve como esses serviços com múltiplas tecnologias são orquestrados durante os respectivos ciclos de vida.

A introdução de NFV e de SDN conduzirá as redes hoje existentes a uma transformação significativa. SDN expande a sua aplicação inicial em *data centers* para as WANs, em uma concepção referida como SD-WAN (*Software Defined WAN*).

Todo esse movimento se reflete em um acentuado aprimoramento dos serviços Carrier Ethernet, tornando-os mais dinâmicos e mais assegurados, permitindo provisionamentos e alterações em demanda e com menor incidência de erros.

## CAPITULO 2

### ARQUITETURA, CONCEITOS BÁSICOS E SERVIÇOS

#### 2.1 -PREÂMBULO

O presente capítulo tem como propósito apresentar uma primeira abordagem conceitual dos diversos aspectos de Carrier Ethernet, abrangendo a arquitetura de rede, os conceitos básicos e os serviços prestados aos usuários.

Essa abordagem inicial tem como suporte o arcabouço de conceitos elaborado pelo MEF, em diferentes padrões. Neste capítulo foram considerados, com maior profundidade, os seguintes padrões MEF:

- MEF 4 (*Metro Ethernet Network Architecture Framework Part 1: Generic Framework*);
- MEF 6.2 (*EVC Ethernet Services Definitions Phase 3*);
- MEF 10.3 (*Ethernet Services Attributes Phase 3*);
- MEF 12.2 (*Carrier Ethernet Network Architecture Framework Part 2: Ethernet Services Layer*);
- MEF 26.2 (*External Network Network Interface (ENNI) and Operator Services Attributes*);
- MEF 33 (*Ethernet Access Services Definition*);
- MEF 51 (*OVC Service Definitions*).

Este capítulo não pretende esgotar o conteúdo dos padrões MEF acima relacionados, sendo que esses padrões serão novamente abordados pontualmente em capítulos posteriores deste livro.

Considerando-se a ampla abrangência deste capítulo, alguns aspectos de outros padrões MEF não incluídos na relação acima, são também eventualmente abordados.

#### 2.2 - ARQUITETURA DE REDE (PADRÃO MEF 4)

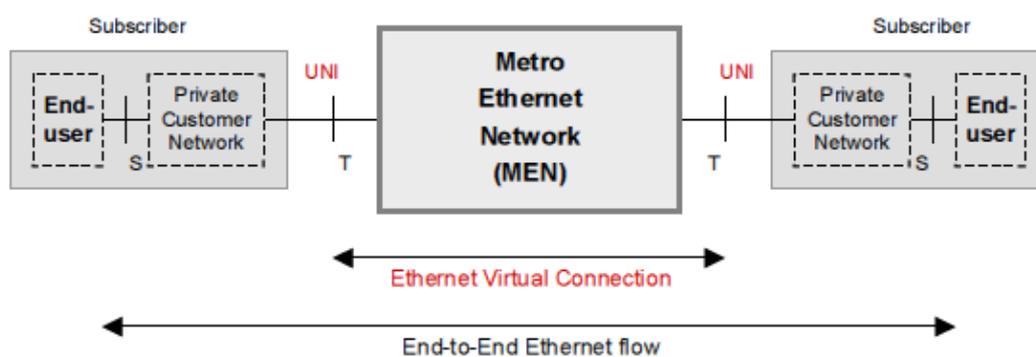
O presente item tem como referência o padrão MEF 4 (*Metro Ethernet Network Architecture Framework – Part 1: Generic Framework*). Esse padrão especifica a concepção genérica da arquitetura de redes Carrier Ethernet, abrangendo os componentes internos relativos a essa arquitetura.

O padrão MEF 4 foi complementado pelo padrão MEF 12.2 (*Metro Ethernet Network Architecture Framework Part 2: Ethernet Services Layer*).

### 2.2.1-Modelo de Referência

As redes Carrier Ethernet são referidas pelo MEF como CENs (*Carrier Ethernet Networks*), tendo sido antes também referidas como MENs (*Metro Ethernet Networks*).

O modelo de referência básico para redes Carrier Ethernet encontra-se na Figura 2.1.



Figura

2.1-Modelo de referência básico para redes Carrier Ethernet (MEF 4, Figura 1).

A figura 2.1 mostra que a prestação de serviços Carrier Ethernet envolve dois componentes, que são a rede Carrier Ethernet (CEN ou MEN) e os diferentes sites da rede de usuário.

Na fronteira entre esses componentes encontram-se as interfaces referidas como UNI (*User Network Interface*). As UNIs descrevem os diferentes aspectos da interface entre o usuário e o provedor da CEN.

Entre duas ou mais UNIs são estabelecidas conexões virtuais fim a fim denominadas EVCs (*Ethernet Virtual Connections*), como mostra essa figura.

Como será detalhado adiante neste livro, as EVCs podem ser ponto a ponto, multiponto a multiponto ou multiponto com raiz (*rooted multipoint*). O número de UNIs associadas a uma EVC é função do tipo de EVC, podendo variar de duas UNIs a uma multiplicidade de UNIs.

A Figura 2.1 mostra o Ponto de Referência T, também referido como Ponto de Referência da UNI. Esse ponto de referência demarca a fronteira entre as responsabilidades do provedor da CEN e do usuário.

O Ponto de Referência S representa o ponto de demarcação entre a estação final do usuário e a rede privativa do usuário, caso essa rede exista. Na hipótese de inexistência da rede privativa do usuário, os pontos T e S são coincidentes.

Finalmente, registra-se na figura a ocorrência de um fluxo Ethernet fim a fim entre os sites da rede do usuário.

## 2.2.2- Modelo de Camadas de Serviços

A Figura 2.2 apresenta o modelo de camadas de serviços para redes Carrier Ethernet.

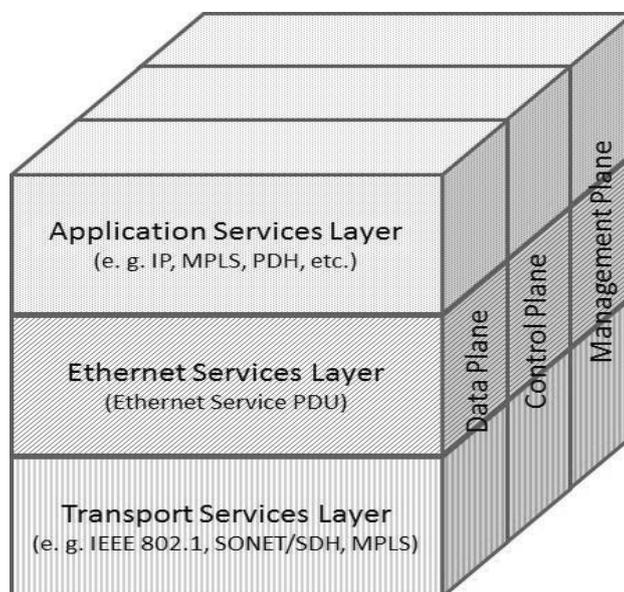


Figura 2.2– Modelo de camadas de serviços para redes Carrier Ethernet (MEF 4, Figura 2).

Como se observa nessa figura, o modelo contempla três camadas:

- Camada de serviços de transporte (*TRAN Layer*);
- Camada de serviços Ethernet (*ETH Layer*);
- Camada de serviços de aplicação (*APP Layer*).

Observa-se também que esse modelo permeia os três planos correspondentes à operação de redes de telecomunicações, que são o Plano de Dados (*Data Plane*), o Plano de Controle (*Control Plane*) e o Plano de Gerenciamento (*Management Plane*).

O Plano de Dados refere-se a todas as funções e processos relativos à transmissão de quadros de serviço de usuário na rede. Esse plano engloba funções tais como comutação, detecção de erros, descarte de quadros por erro ou por congestionamento, administração de filas, controle de fluxo, etc...

O Plano de Controle representa o conjunto de funções que objetivam suportar o Plano de Dados. O Plano de Controle visa primordialmente ao estabelecimento dos caminhos a serem percorridos pelos quadros de serviço.

Dentre as funções desempenhadas no Plano de Controle, destacam-se o roteamento e a eventual sinalização para o estabelecimento de conexões.

O Plano de Gerenciamento corresponde à totalidade das funções utilizadas para provisionar, controlar e monitorar a rede e os seus componentes.

O gerenciamento de redes efetiva-se com base em plataformas de gerenciamento padronizadas, que utilizam protocolos de gerenciamento, também padronizados, como por exemplo o SNMP (*Simple Network Management Protocol*).

#### **2.2.2.1-Camada de Serviços de Transporte (TRAN Layer)**

A camada de transporte, ou de serviços de transporte, referida como *TRAN Layer* no modelo de camadas de redes Carrier Ethernet, suporta a conectividade entre os elementos funcionais dos serviços da *ETH Layer*, de maneira independente desses serviços.

Diversas tecnologias de rede, modo circuito ou modo pacote, podem ser utilizadas como *TRAN Layer* para quadros Ethernet.

Segundo o MEF, serviços Carrier Ethernet podem ser suportados principalmente pelas seguintes tecnologias de transporte:

- *Transparent Bridging*;
- *Provider Bridging (PB)*;
- *Provider Backbone Bridging (PBB)*;
- *Provider Backbone Bridging with Traffic Engineering (PBB-TE)*;
- *MPLS Virtual Private Wire Service (MPLS VPWS)*;
- *MPLS Virtual Private LAN Service (MPLS VPLS)*;
- *MPLS Transport Profile (MPLS TP)*;
- *Sonet / SDH*;
- *Optical Transport Network (OTN)*;
- *Dense WDM (DWDM)* e *Coarse WDM (CWDM)*;

Com o propósito de simplificação, essas tecnologias foram agrupadas nas seguintes categorias:

- Tecnologias de transporte baseadas no IEEE;
- Tecnologias de transporte baseadas no MPLS;
- Tecnologias de transporte transparentes;

Acrescenta-se a essas opções a possibilidade de transporte de Ethernet de forma nativa sobre fibras ópticas (EoF).

#### **2.2.2.2-Camada de Serviços Ethernet (ETH Layer)**

A *ETH Layer* é responsável pela conectividade dos serviços MAC e pela transmissão dos quadros MAC desses serviços através de interfaces internas e externas bem definidas, bem como através dos respectivos pontos de referência.

A *ETH Layer* é também responsável por todos os aspectos referentes aos fluxos relativos à subcamada MAC, incluindo operação, administração, manutenção e provisionamento, aspectos esses requeridos pelas funções de conectividade Ethernet, o que constitui o cerne de Carrier Ethernet.

### 2.2.2.3-Camada de Serviços de Aplicação (APP Layer)

A camada *APP Layer* suporta as diversas alternativas de aplicação transportadas pela *ETH Layer* nas redes Carrier Ethernet. É preciso não confundir a *APP Layer*, que se situa sobreposta imediatamente à *ETH Layer*, com a camada de aplicação do modelo OSI (camada 7).

Dentre os serviços de aplicação da *APP Layer* destacam-se o IP, o MPLS e os serviços modo circuito emulados sobre Carrier Ethernet.

## 2.3 – CONCEITOS BÁSICOS EM CARRIER ETHERNET

Este item é dedicado à introdução a alguns conceitos básicos em Carrier Ethernet, de modo a preparar os leitores para um mais fácil entendimento do restante do livro. Todos os conceitos básicos introduzidos serão abordados com maior profundidade ao longo do texto do livro.

São tratados neste item os seguintes tópicos:

- Introdução a Interfaces em Carrier Ethernet;
- Introdução a EVCs e a OVCs.

### 2.3.1 – Introdução a Interfaces em Redes Carrier Ethernet

A Figura 2.3 representa os diferentes tipos de interface externas utilizadas entre uma CEN (do provedor de serviço X) e os componentes externos a essa CEN.

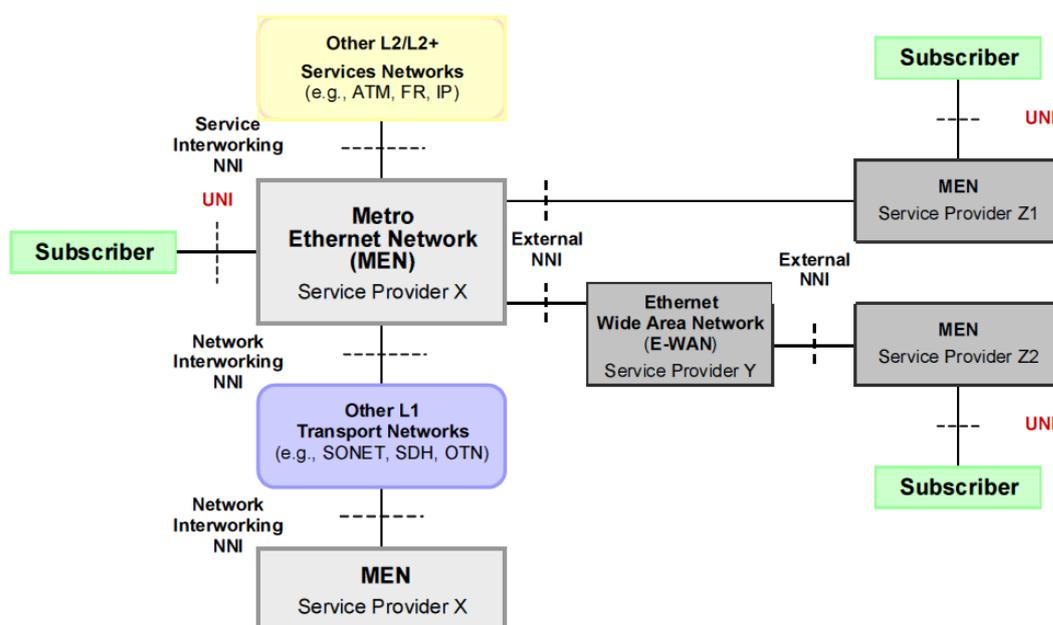


Figura 2.3 – Interfaces externas envolvendo uma CEN (MEF 4, Figura 3).

Os componentes externos à MEN X considerados nessa figura são os seguintes:

- A rede do usuário;
- Outras MENs (incluída uma E-WAN);
- Outras redes não Ethernet de diferentes camadas.

Uma E-WAN (*Ethernet Wide Area Network*) é uma CEN de grande porte, assim chamada para evidenciar a sua grande dimensão.

As interfaces utilizadas em CENs são de dois tipos:

- Interfaces externas (EIs);
- Interfaces internas (IIs).

A Figura 2.3 exhibe apenas interfaces externas (EIs). As EIs representadas são a UNI (*User Network Interface*), a ENNI (*External Network-to-Network Interface*), também referida como E-NNI, a NI-NNI (*Network Interworking NNI*) e a SI-NNI (*Service Interworking NNI*).

Essas EIs são referidas como *base EIs* (*EIs básicas*) no padrão MEF 12.2, sendo que o MEF veio a definir outras EIs não básicas, como a VUNI (*Virtual UNI*) e a RUNI (*Remote UNI*).

A interface NI-NNI é utilizada entre diferentes CENs interconectadas por redes de transporte de camada 1 (*L1 Networks*), como redes SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), por exemplo.

Os elementos arquiteturais responsáveis pelo suporte às funções de delimitação das interfaces NI-NNI são referidas como NI-NNI IWFs (*NI-NNI Interworking Functions*).

A interface SI-NNI é utilizada entre uma CEN e uma rede de camada 2 (*L2 Network*), como por exemplo *Frame Relay* ou *ATM*, ou uma rede de camada superior (*L2+Networks*), como por exemplo redes IP. Os terminais dessas redes podem se comunicar com os terminais da CEN. A SI-NNI é também referida como SNI (*Service Network Interface*).

As funções responsáveis pela compatibilização para permitir a comunicação através das SI-NNIs são desempenhadas por elementos arquiteturais referidos como SI-NNI IWFs.

Dentre as IIs destacam-se as I-NNIs (*Internal network-to-Network Interfaces*) de uma CEN. As I-NNIs representam as interfaces internas de uma CEN situadas entre duas ou mais UNIs-N.

### 2.3.2 – Introdução a EVCs e a OVCs

Uma EVC (*Ethernet Virtual Connection*) é uma conexão virtual fim a fim utilizada para associar duas ou mais UNIs entre si, e, em consequência, possibilitar a criação de instâncias de serviço de usuário fim a fim através de uma CEN ou de múltiplos CENs (redes Carrier Ethernet).

Uma OVC (*Operator Virtual Connection*) é uma conexão virtual utilizada para associar, em âmbito de um operador de rede, UNIs a ENNIs ou ENNIs entre si. Os pontos onde uma OVC conecta-se a uma EI são referidos como Pontos de Terminação de OVC.

Em uma configuração multi-CEN, uma entidade, referida como provedor de serviço (SP), pode contratar OVCs de diferentes operadores de rede e assim disponibilizar EVCs a seus usuários.

As EVCs ou as OVCs multiponto a multiponto e multiponto com raiz são, em conjunto, referidas como EVCs ou OVCs multiponto.

As EVCs e as OVCs podem ser dos seguintes tipos:

- EVCs ou OVCs ponto a ponto;
- EVCs ou OVCs multiponto a multiponto;
- EVCs ou OVCs multiponto com raiz (*rooted multipoint*).

A Figura 2.4 ilustra os conceitos de EVC e de OVC.

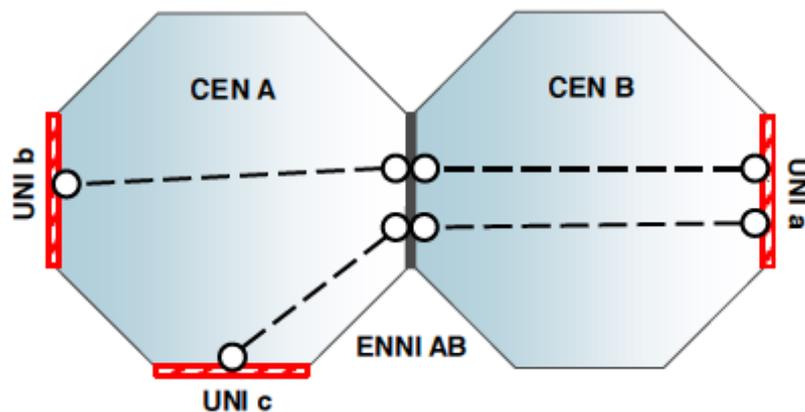


Figura 2.4-Exemplo de EVC e de OVCs (MEF 26.2, Figura 81).

Nessa figura estão representadas duas EVCs ponto a ponto, ambas terminando na UNI a. Como será visto adiante neste capítulo, essa condição caracteriza a utilização de um atributo de serviço denominado Multiplexação de Serviços.

Essas EVCs são constituídas por duas OVCs, sendo cada uma dessas OVCs localizada em uma das CENs que constituem a multi-CEN utilizada.

Uma EVC ponto a ponto situa-se sempre entre duas UNIs, sendo que cada uma dessas UNIs pode suportar uma ou mais EVCs quando ocorre Multiplexação de Serviços.

Na Figura 2.4, cada OVC ponto a ponto situa-se entre uma UNI e uma ENNI.

A Figura 2.5 representa uma configuração onde existem quatro EVCs, sendo uma EVC multiponto a multiponto ( EVC 1) e três EVCs ponto a ponto(EVCs 2,3 e 4).

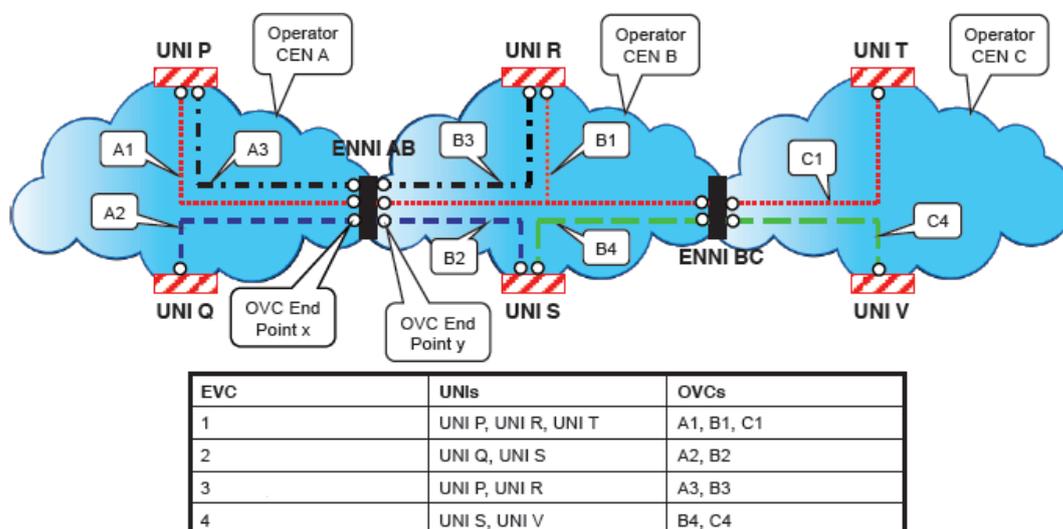


Figura 2.5 – Relação entre EVCs e OVCs (MEF 26.2, Figura 4).

A EVC 1 e a EVC 3, por compartilharem a UNI P, e por ser a EVC 1 uma EVC multiponto a multiponto, constituem,em conjunto, um serviço EVP-LAN, que será visto adiante neste capítulo.

A EVC 2 e a EVC 4 são EVCs ponto a ponto independentes.

O mapa na parte inferior da Figura 2.5 mostra as UNIs e as OVCs que participam das quatro EVCs.

Como se observa na EVC 1, para que uma EVC seja multiponto a multiponto, basta que uma de suas OVCs seja multiponto a multiponto ( é o que ocorre com a OVC ENNI AB-UNI R-ENNI BC). O mesmo pode ser dito com relação às EVCs multiponto com raiz, que serão vistas com detalhes adiante neste capítulo.

## 2.4 – ECs E ECSs (PADRÃO MEF 12.2)

O padrão MEF 12.2 (*Carrier Ethernet Network Architecture Framework Part 2: Ethernet Services Layer*) representa a segunda parte da visão arquitetural e do contexto das CENs, cuja primeira parte foi especificada no padrão MEF 4. O padrão MEF 12.2 objetiva ampliar a abrangência do padrão MEF 4, no sentido de incorporar uma abordagem mais completa da Camada de Serviços Ethernet (*ETH Layer*).

O padrão MEF 12.2 descreve as concepções funcionais e topológicas de alto nível utilizadas para modelar os vários componentes arquiteturais das redes dos provedores de serviço, seus elementos funcionais associados e as suas relações de interconexão. Ele descreve também a relação da *ETH Layer* com a *TRAN Layer* e com a *APP Layer*.

Esse padrão introduz os conceitos de *ETH Connection* (EC) e de *EC Segment* (ECS), que serão vistos adiante neste item.

Incorpora também o conceito de Informação Característica (CI) da *ETH Layer*, com base nas recomendações ITU-T G.805 e G.809 (respectivamente, *Generic functional architecture of transport networks* e *Functional architecture of connectionless layer networks*), que definem a CI da *ETH Layer* como sendo composta pelos campos de um quadro MAC, sendo o FCS e o *VLAN tag* opcionais.

O padrão MEF 12.2 apresenta extensões às *base EIs* (interfaces externas básicas) da *ETH Layer*. Dentre tais extensões são englobadas as UNIs virtuais (VUNIs) e as UNIs remotas (RUNIs), que serão abordadas adiante nesse capítulo.

São também abordadas no padrão MEF 12.2 as extensões referentes aos modelos NID (*Network Interface Device*) e as interfaces associadas a esses modelos, além do conceito de NID UNI (NUNI), a serem também apresentados neste capítulo.

O apêndice I ao padrão MEF 12.2 contempla o modelo da *ETH Layer* para SOAM (*Service Operation, Administration and Maintenance*). Esse tema será abordado no capítulo 9 deste livro.

Conforme o padrão MEF 12.2, uma Conexão Ethernet (EC) é uma conexão virtual estabelecida entre dois ou mais Pontos de Terminação de Fluxo (TFPs) na *ETH layer*. As ECs podem ser unidirecionais ou bidirecionais.

Uma EC pode ser decomposta em uma sucessão de segmentos concatenados, sendo cada um desses segmentos delimitado por dois ou mais Pontos de Fluxo (FPs) ou por um par formado por um TFP e um FP. Tais segmentos são referidos como segmentos de EC (ECSs).

#### **2.4.1- Papéis desempenhados por ECs**

As ECs podem desempenhar os seguintes papéis (*EC roles*):

- EC de usuário (S-EC);
- EC de operador de rede (O-EC);
- EC de provedor de serviço (SP-EC).

A Figura 2.6 representa uma configuração com uma única EVC multi-CEN ponto a ponto composta por duas OVCs ponto a ponto situadas, respectivamente, na CEN X (EFD X) e na CEN Y (EFD Y), com os diferentes tipos de EC configurados.

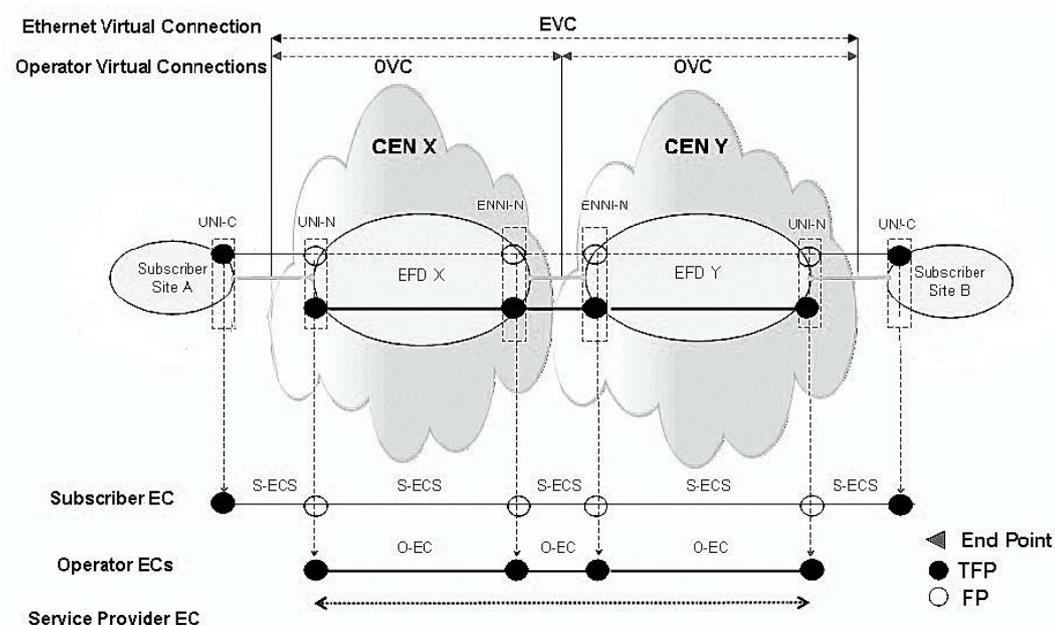


Figura 2.6– ECs e ECSs e sua relação com OVCs e EVCs (MEF 12.2, Figura 10).

Verifica-se nessa figura a existência de uma EC de usuário (S-EC) entre TFPs representados pelas UNIs-C.

Observa-se que essa S-EC é composta por cinco ECSs de usuário (S-ECSs), delimitados não só pelos TFPs representados pelas UNIs-C, mas também por FPs representados por UNIs-N e por ENNIs-N.

Verifica-se também nessa figura a existência de três ECs de operador de rede (O-ECs) entre TFPs. Duas dessas O-ECs encontram-se no interior das redes dos respectivos operadores de rede, enquanto a terceira encontra-se entre as ENNIs-N desses operadores de rede.

## 2.4.2- Tipos de EC

As ECs podem ser dos seguintes tipos:

- ECs ponto a ponto;
- ECs Multiponto (Multiponto a Multiponto);
- ECs Multiponto com raiz;
- ECs *Hairpin*;
- ECs de Túnel.

Uma EC ponto a ponto é utilizada para transportar PDUs da *ETH-Layer* entre dois FPs. Um exemplo típico desse tipo de FP são as UNIs-N associados em uma EVC ponto a ponto. Uma EC ponto a ponto, assim como seus ECSs ponto a ponto, podem ser unidirecionais ou bidirecionais.

Um exemplo típico de EC multiponto, que pode ser também unidirecional ou bidirecional, são as EVCs multiponto a multiponto, enquanto um exemplo típico de EC multiponto com raiz (RMP) são as EVCs multiponto com raiz.

Os TFPs de uma EI associados com uma conexão RMP são dos seguintes tipos:

- FP Raiz: associado a uma UNI Raiz;
- FP Folha: associado a uma UNI Folha;
- FP Tronco (T-FP): associado a uma O-EC Tronco em uma ENNI-N;
- FP Ramo (B-FP): associado a uma O-EC Ramo (*Branch O-EC*) em uma ENNI-N.

Para melhor entendimento dos significados dos tipos de EC acima relacionados, recomenda-se ao leitor consultar o subitem 3.4.1 do Capítulo 3 deste livro. Há que se observar uma mudança de terminologia, com relação a esse aspecto, entre o padrão MEF 12.2 (base ora utilizada) e o padrão 26.2.

Os tipos de FP que o padrão MEF 12.2 denomina FP Tronco e FP Ramo (*Branch FP*) são referidos no padrão MEF 26.2, respectivamente, como Ponto de Terminação de OVC Raiz ou Tronco (S-VID Raiz) e como Ponto de Terminação de OVC Folha ou Tronco (S-VID Folha).

O conceito de EC *Hairpin* encontra-se atrelado ao conceito de Comutação *Hairpin*. Assim, recomenda-se ao leitor consultar o subitem 3.4.3 do capítulo 3 deste livro, onde são apresentados o conceito e alguns exemplos de Comutação *Hairpin*.

O termo EC de Túnel é utilizado para descrever uma instância particular de uma EC que transporta quadros de serviço de múltiplos ECSs de usuários através de um ou mais domínios de rede.

Uma EC de Túnel pode se localizar em um único domínio de rede (uma O-EC de Túnel), ou pode consistir em uma concatenação de múltiplas O-ECs de Túnel que possuem o mesmo conjunto de ECSs de usuário.

As ECs de Túnel podem associar uma UNI a uma ENNI em uma mesma CEN, ou podem, alternativamente, associar duas ENNIs em uma mesma CEN.

## **2.5- PRESERVAÇÃO DE CE-VLAN ID, MULTIPLEXAÇÃO DE SERVIÇOS E AGRUPAMENTOS**

Este subitem aborda a ocorrência dos atributos de serviço Preservação de CE-VLAN ID, Multiplexação de Serviços (*Service Multiplexing*), Agrupamento (*Bundling*) e Agrupamento Todos em Um (*All-to-One Bundling*).

O atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID enquadra-se no grupo de atributos de serviço de EVC, por dizer respeito exclusivamente a cada EVC.

Os atributos de serviço Multiplexação de Serviços, Agrupamento e Agrupamento Todos em Um, enquadram-se no grupo de atributos de serviço de UNI, por serem configurados para toda uma UNI e por independerm das EVCs, ou da EVC, mapeadas nessa UNI.

## 2.5.1- Preservação de CE-VLAN ID

O atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID é objeto de tratamentos diferenciados para EVCs e para OVCs.

### 2.5.1.1- Preservação de CE-VLAN ID em EVCs

Conforme o padrão MEF 10.3, o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID pode se encontrar Habilitado (*Enabled*) ou Desabilitado (*Disabled*). Esse atributo de serviço, aplicado em EVCs, complementa a utilização dos atributos de serviço Multiplexação de Serviços, Agrupamento e Agrupamento Todos em Um.

Um quadro de serviço é definido como tendo o seu CE-VLAN ID preservado quando a relação entre um quadro de serviço de ingresso em uma EVC e o correspondente quadro de serviço de egresso dessa EVC ocorre de acordo com a figura 2.7.

Ingress Service Frame	Egress Service Frame(s) <sup>10</sup>
Untagged Service Frame	Untagged Service Frame
Tagged Service Frame	Tagged Service Frame with VLAN ID equal to the VLAN ID of the Tag on the ingress Service Frame

Figura 2.7 – Preservação de CE-VLAN ID (MEF 10.3, Tabela 4).

A observação 10 nessa figura objetiva ressaltar que, no caso de EVC multiponto, um único quadro de serviço de ingresso pode resultar em mais de um quadro de serviço de egresso.

Conclui-se então, com base na Figura 2.7, que quando quadros de serviço ingressam em uma EVC *untagged* e *priority tagged* e egressam dessa EVC *untagged*, por exemplo, não houve preservação de CE-VLAN ID.

Para que ocorra preservação de CE-VLAN ID em uma EVC, é necessário que o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID esteja Habilitado. A recíproca, porém, pode não ser verdadeira. É possível que em uma EVC não ocorra preservação de CE-VLAN ID ainda que o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID esteja Habilitado, o que não se aplica no caso de Agrupamento Todos em Um. Essa possibilidade, aplicável no caso de configuração de CE-VLAN ID para quadros de serviço *untagged* e *priority tagged*, será vista com maior profundidade adiante neste capítulo.

Por outro lado, não pode ocorrer preservação de CE-VLAN ID em uma EVC na qual o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID esteja Desabilitado.

Quando dois ou mais CE-VLAN IDs se encontram agrupados de alguma forma em uma EVC, o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN deve estar Habilitado nessa EVC.

Apenas em EVCs onde se encontra mapeado um único valor de CE-VLAN ID em suas UNIs (ou seja, que não utilizam qualquer forma de Agrupamento), é possível que o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID se encontre, alternativamente, Habilitado ou Desabilitado.

### 2.5.1.2- Preservação de CE-VLAN ID em OCVs

O atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs descreve a relação entre o formato e certos valores de campos do quadro em uma EI e o formato e certos valores de campos do quadro correspondente em outra EI.

Conforme o padrão MEF 26.2, o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs pode assumir um dos seguintes valores:

- *Preserve*;
- *Retain*;
- *Strip*.

O atributo de serviço Preservação de CE-VLAN IDs em OVCs setado para *Preserve* em todas as OVCs de uma EVC, corresponde à habilitação do atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID nessa EVC.

O valor *Retain* significa que o *C-tag*, se presente, é encapsulado por um *S-tag* com o valor de CE-VLAN ID retido.

O valor *Strip* significa que o *C-tag*, se presente, é descartado quando da adição do *S-tag*.

Quando o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs se encontra setado para *Strip* ou *Retain*, um *C-tag* pode ser adicionado ou removido, ou o valor de VLAN ID contido no *C-tag* pode ser alterado. Esses requisitos representam a diferença de comportamento com relação a quando o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs se encontra setado para *Preserve*.

Para maior facilidade de descrição, são utilizados os seguintes símbolos para representar os Pontos de Terminação de OVC em função de seus posicionamentos:

- @UNI: Ponto de Terminação de OVC localizado em uma UNI;
- @ENNI: Ponto de Terminação de OVC localizado em uma ENNI e que não seja em uma VUNI;
- @VUNI: Ponto de Terminação de OVC localizado em uma ENNI e que seja em uma VUNI.

Para melhor entendimento do comportamento do atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs em seus três valores, recomenda-se ao leitor consultar os exemplos de configuração apresentados no subitem 3.6.3 do

Capítulo 3 deste livro, e as descrições dos atributos de serviço de OVC gerais no Capítulo 5 deste livro.

A título de adiantamento, a Figura 2.8 exibe uma configuração de serviço EP-LAN com uma EVC multiponto a multiponto, abrangendo quatro CENs e interligando quatro UNIs.

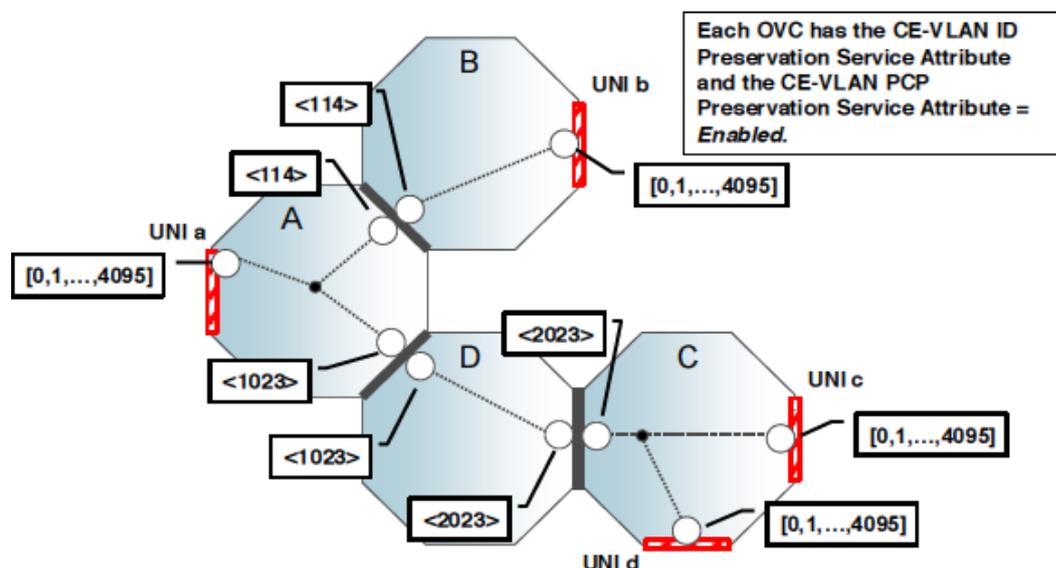


Figura 2.8- Exemplo de EVC multiponto a multiponto (MEF 26.2, Figura 49).

Na CEN A e na CEN C constata-se a existência de OVCs multiponto a multiponto, o que torna a EVC uma EVC multiponto a multiponto. Na CEN B e na CEN D verifica-se a existência de OVCs ponto a ponto.

Registra-se que, nessa figura, está sendo utilizado o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs setado para *Preserve* em todas as OVCs da EVC.

Conforme o padrão MEF 26.2, o serviço EP-LAN requer que a respectiva EVC tenha o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em EVCs Habilitado, e o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN CoS em EVCs também Habilitado.

Como a Figura 2.8 diz respeito a uma EP-LAN, encontra-se mapeada a totalidade de CE-VLAN IDs em todas as UNIs da EVC.

Caso tenha havido aprendizagem de endereços MAC na CEN A, por exemplo, um quadro de serviço originário da UNI a e destinado à UNI b não ingressa na CEN D nem na CEN C.

Em cada OVC o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs encontra-se setado para *Preserve* e o atributo de serviço CE VLAN PCP em OVCs setado para Habilitado (*Enabled*). Consistentemente, os atributos de serviço Preservação de CE-VLAN ID e Preservação de CE-VLAN CoS encontram-se Habilitados na EVC constituída por essas OVCs.

## 2.5.2- Multiplexação de Serviços

O atributo de serviço Multiplexação de Serviços (*Service Multiplexing*) em uma UNI pode se encontrar Habilitado ou Desabilitado.

Uma determinada UNI pode suportar mais de uma EVC mediante a habilitação do atributo de serviço Multiplexação de Serviços. Multiplexação de Serviços pode ocorrer com EVCs ponto a ponto, multiponto a multiponto ou multiponto com raiz, em qualquer combinação, na UNI.

Multiplexação de Serviços pode ocorrer entre uma UNI e outras UNIs, assim como entre duas UNIs.

### 2.5.2.1 -Multiplexação de Serviços entre Uma UNI e outras UNIs

A figura 2.9 apresenta uma configuração onde ocorre Multiplexação de Serviços entre uma UNI e outras UNIs.

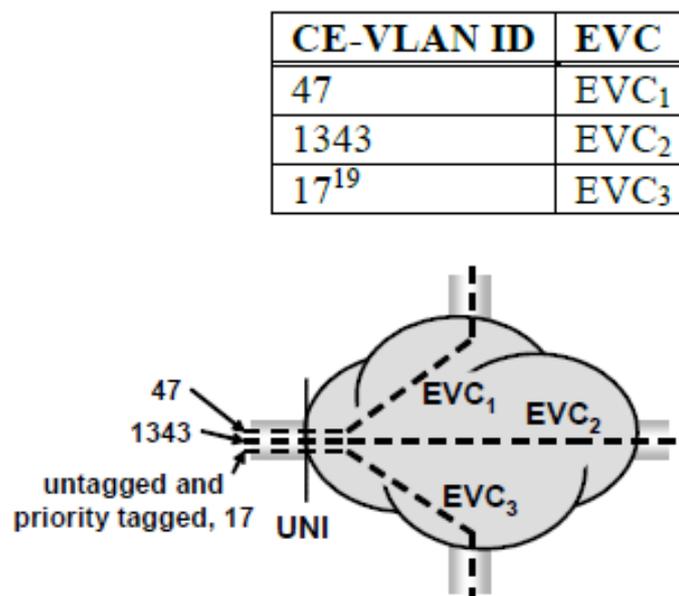


Figura 2.9- Multiplexação de Serviços entre uma UNI e outras UNIs (MEF 10.3, Figura 18).

Nessa figura, na UNI representada o atributo de serviço Multiplexação de Serviços encontra-se Habilitado. Nas outras três UNIs, esse atributo de serviço pode ou não estar Habilitado.

Na figura 2.9 encontram-se mapeadas três EVCs na UNI representada. À EVC 1 está associado o CE-VLAN ID 47 e à EVC 2 está associado o CE-VLAN ID 1343.

A EVC 3 foi destinada a transmitir quadros de usuário *priority tagged* e *untagged* que ingressam nessa EVC pela UNI representada, aos quais é adicionado o CE-VLAN ID arbitrário igual a 17 quando do seu ingresso na UNI representada.

A Figura 2.9 não mostra o que ocorre nas UNIs que se encontram nos outros extremos das EVCs.

Pode ser afirmado, contudo, que quadros de serviço que egressam da EVC 1 e da EVC 2 pela UNI representada, não importando a forma com a qual ingressaram nessas EVCs, egressam, respectivamente, com o C-VLAN ID 47 e com o C-VLAN ID 1343.

Os quadros de serviço egressam da EVC 3 pela UNI representada como quadros *untagged*, não importando a forma com a qual ingressaram nessa EVC.

### 2.5.2.2 - Multiplexação de Serviço entre Duas UNIs

A Figura 2.10 ilustra a ocorrência de Multiplexação de Serviços entre duas UNIs.

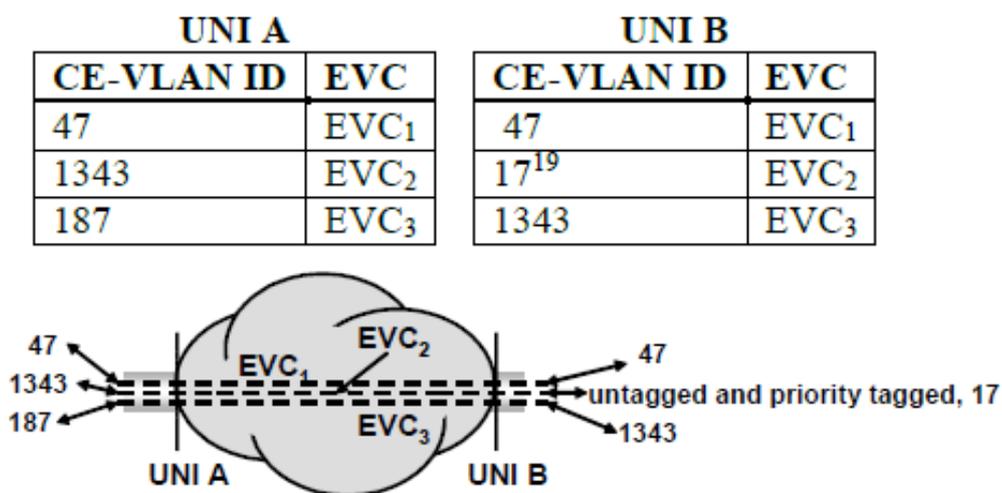


Figura 2.10- Multiplexação de Serviços entre duas UNIs (MEF 10.3, Figura 19).

Nessa figura, a cada EVC corresponde um CE-VLAN ID em cada UNI, como mostra o mapa na parte inferior na figura, sendo que nas UNI A e UNI B o atributo de serviço Multiplexação de Serviços se encontra Habilitado.

Observa-se que na EVC 1 o valor de CE-VLAN ID 47 foi preservado (o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID nessa EVC encontra-se Habilitado). Essa EVC tem como objetivo possibilitar a comunicação na C-VLAN 47 entre os dois sites da rede do usuário.

Se o atributo de serviço Agrupamento se encontrar Habilitado nas duas UNIs dessa figura, um ou mais outros CE-VLAN IDs poderiam ser mapeados na EVC 1.

Na EVC 3 não ocorre preservação de CE-VLAN ID (o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID nessa EVC encontra-se Desabilitado). Essa EVC tem

como objetivo possibilitar a comunicação entre a C-VLAN 187 no site da rede do usuário do lado da UNI A e a C-VLAN 1343 no site da rede do usuário no lado da UNI B.

Um quadro Ethernet *C-VLAN tagged* com o C-VLAN ID 187 que ingressa pela UNI A percorre toda essa EVC como um quadro de serviço *CE-VLAN tagged*, com o CE-VLAN mantido igual a 187. Esse quadro egressa da EVC 3 pela UNI B como um quadro *C-VLAN tagged* com o C-VLAN ID 1343. O mesmo ocorre com um quadro no sentido contrário, ressalvada a inversão dos valores de CE-VLAN ID.

Caso o usuário solicite a condição em que se encontra a EVC 3 para outros pares de CE-VLAN ID, será necessária a constituição de novas EVCs similares à EVC 3, tantas quanto são os pares de CE-VLAN ID envolvidos.

A EVC 2, onde o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID encontra-se Desabilitado, foi destinada a transmitir quadros de serviço resultantes de quadros do usuário *priority tagged* e *untagged* que ingressam pela UNI B, e que são destinados à VLAN identificada pelo C-VLAN ID 1343 no site da rede do usuário do lado da UNI A, e vice-versa.

Os quadros *untagged* e *priority tagged* do usuário que ingressam pela UNI B, recebem a adição de um *CE-VLAN tag* com o valor arbitrado de CE-VLAN ID igual a 17 quando se trata de quadros *untagged*, e recebem a adição de apenas um CE-VLAN ID com esse mesmo valor 17 quando se trata de quadros *priority tagged*.

Essa adição torna esses quadros de usuário quadros de serviço *CE-VLAN tagged* com o valor de CE-VLAN ID 17. Esses quadros trafegam dessa forma pela EVC 2 e egressam pela UNI A como quadros *C-tagged* com o C-VLAN ID 1343.

No sentido contrário, quadros *C-VLAN tagged* do usuário com o C-VLAN ID 1343 que ingressam na EVC 2 pela UNI A, percorrem essa EVC como um quadro de serviço *CE-VLAN tagged* com esse mesmo valor de CE-VLAN ID 1343. Tais quadros de serviço egressam da EVC 2 pela UNI B como quadros *untagged*.

### 2.5.3 - Agrupamento

As UNIs possuem um atributo de serviço denominado Agrupamento (*Bundling*), sendo que esse atributo de serviço pode se encontrar Habilitado (*enabled*) ou Desabilitado (*disabled*).

Quando esse atributo de serviço se encontra Habilitado, a respectiva UNI deve ser capaz de suportar o mapeamento de mais de um CE-VLAN ID em uma ou mais de suas EVCs. Ou seja, Agrupamento representa a possibilidade de mapeamento de múltiplos CE-VLAN IDs em uma EVC, sendo que a lista de CE-VLAN IDs agrupados deve ser a mesma em todas as UNIs associadas a essa EVC.

Para que haja agrupamento em uma EVC, é necessário que o atributo de serviço Agrupamento esteja Habilitado em todas as UNIs associadas a essa EVC.

Quando dois ou mais CE-VLAN IDs se encontram agrupados, de alguma forma, em uma EVC, o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID deve estar

Habilitado nessa EVC. Isso significa, para o caso de Agrupamento, que quadros de serviço que ingressam nessa EVC com um dos CE-VLAN IDs agrupados deve egressar da EVC com esse mesmo valor de CE-VLAN ID, com exceção dos quadros de serviço com o CE-VLAN ID configurado para quadros de serviço *untagged* e *priority tagged*.

Generalizando-se, é possível afirmar que quando mais de um CE-VLAN ID é mapeado em uma EVC em uma UNI, o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID deve se encontrar obrigatoriamente Habilitado nessa EVC. Isso ocorre no caso de Agrupamento e de Agrupamento Todos em Um.

Na Figura 2.11 encontra-se representada a ocorrência de Multiplexação de Serviços e de Agrupamento.

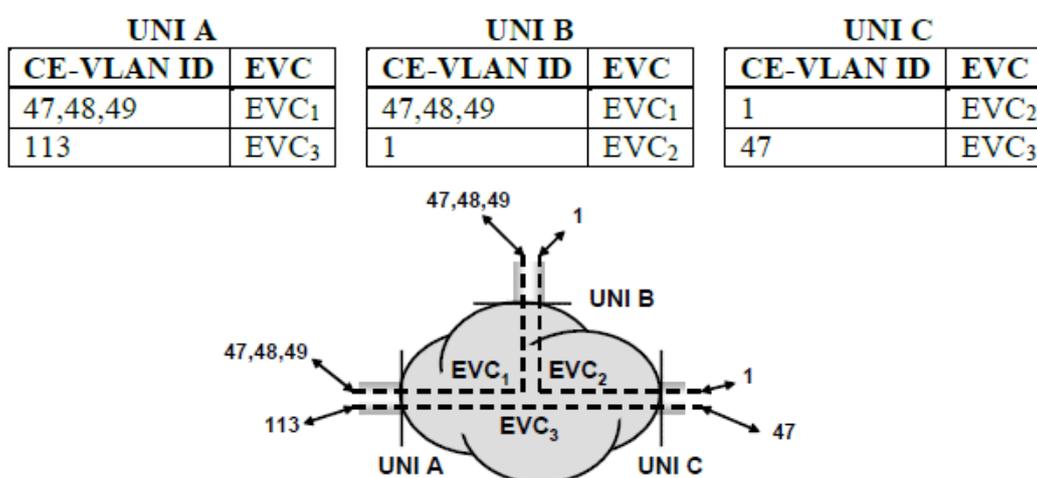


Figura 2.11– Exemplo do atributo de serviço Agrupamento (MEF 10.3, Figura 20).

Nessa figura, as UNI A e UNI B possuem o atributo de serviço Agrupamento necessariamente Habilitado. A EVC 1, que transporta os CE-VLAN IDs 47, 48 e 49, possui obrigatoriamente o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID Habilitado, como mostra a figura.

Na UNI C, o atributo de serviço Agrupamento pode se encontrar Habilitado ou Desabilitado. Todas as UNIs da figura 2.11 apresentam o atributo de serviço Multiplexação de Serviços habilitado.

A EVC 2 preserva o valor de CE-VLAN ID igual a 1. A EVC 3 não preserva CE-VLAN IDs, alterando os valores 113 e 47 nos dois sentidos de transmissão. Um quadro de serviço que ingressa na EVC 3 pela UNI A com o CE-VLAN ID 113, por exemplo, egressa dessa EVC pela UNI B com o CE-VLAN ID 47.

#### 2.5.4– Agrupamento Todos em Um

O atributo de serviço, Agrupamento Todos em Um em uma UNI pode se encontrar Habilitado ou Desabilitado.

Quando uma UNI apresenta o atributo de serviço Agrupamento Todos em Um Habilitado, todos os CE-VLAN IDs nessa UNI devem ser mapeados em uma única EVC.

Em tal EVC deve ocorrer obrigatoriamente a habilitação do atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID. Todas as UNIs associadas a essa EVC devem estar habilitadas para realizar Agrupamento Todos em Um.

Observa-se que a habilitação do atributo de serviço Agrupamento Todos em Um e a habilitação do atributo de serviço Multiplexação de Serviços são mutuamente exclusivos.

Observa-se também que Agrupamento Todos em Um pode ocorrer em qualquer tipo do EVC, seja ela ponto a ponto, multiponto a multiponto ou multiponto com raiz.

O acesso de quadros de usuário a uma UNI utilizando Agrupamento Todos em Um, quando o VLAN ID não é considerado, é referido como Acesso Baseado em Porta (*Port-Based Access*). O acesso a uma UNI quando o VLAN ID do quadro identifica a correspondente EVC, denomina-se Acesso Baseado em VLAN (*VLAN-Based Access*).

Qualquer UNI cujo atributo de serviço Agrupamento Todos em Um não esteja Habilitado utiliza Acesso Baseado em VLAN, não importando o estado dos demais atributos de serviço.

A classificação do tipo de acesso apresentada nos parágrafos anteriores fundamenta a diferenciação entre serviços Carrier Ethernet privativos e serviços Carrier Ethernet privativos virtuais.

A existência de uma única EVC entre UNIs não significa necessariamente a utilização de Acesso Baseado em Porta (nem necessariamente, em consequência, a ocorrência de Agrupamento Todos em Um). O que determina efetivamente o tipo de acesso utilizado é a configuração da UNI.

A Figura 2.12 representa uma EVC multiponto a multiponto onde ocorre Agrupamento Todos em Um.

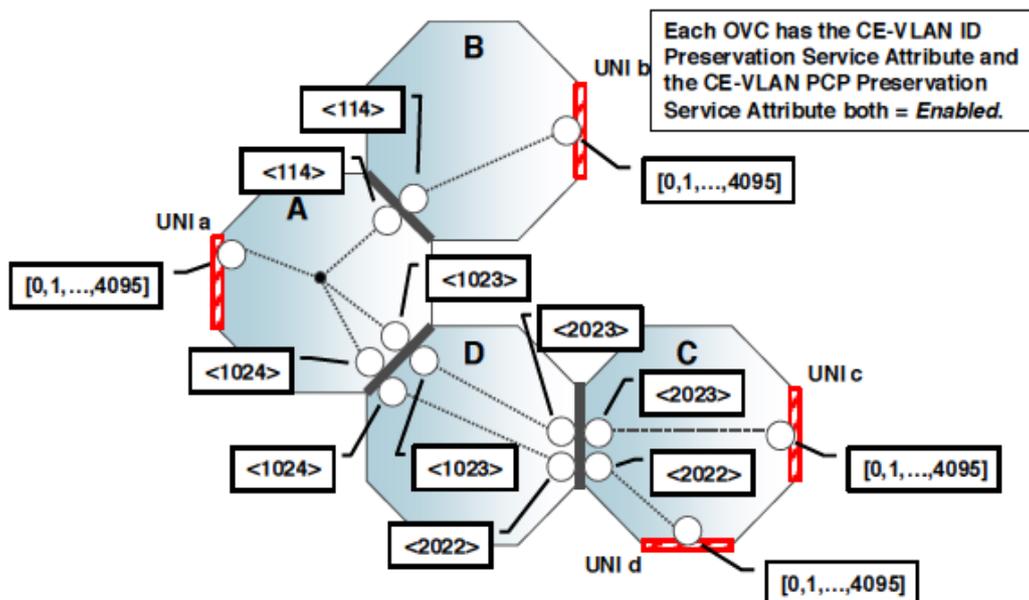


Figura 2.12– EVC com Agrupamento Todos em Um (MEF 26.2, Figura 52).

Observa-se nessa figura que em todas as UNIs associadas à EVC encontra-se mapeada a totalidade de C-VLAN IDs da rede do usuário, que se encontra na faixa [0,1...4095]. Como dito anteriormente, um quadro de serviço com um desses valores de CE-VLAN ID não pode ter esse valor alterado ao longo da EVC, nem quando do seu egresso da EVC.

A habilitação dos atributos de serviço Preservação de CE-VLAN ID e Preservação de CoS ID (representada pela manutenção do valor do campo PCP do *VLAN-tag* do quadro de serviço) ocorre não só na EVC como um todo, mas também em suas respectivas OVCs, como mostra a observação no canto superior direito da Figura 2.12.

A rigor, o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs nessa figura encontra-se setado para *Preserve* em todas as OVCs. O atributo de serviço Preservação de CE-VLAN PCP em OVCs, por sua vez, encontra-se setado para *Habilitado* em todas as OVCs.

### 2.5.5- Combinações entre Atributos de Serviço

A Figura 2.13 mostra as possíveis combinações entre os atributos de serviço Multiplexação de Serviços, Agrupamento e Agrupamento Todos em Um.

	Combinação Válida 1	Combinação Válida 2	Combinação Válida 3	Combinação Válida 4	Combinação Válida 5
Multiplexação de Serviços	Desabilitado	Habilitado	Habilitado	Desabilitado	Desabilitado
Agrupamento (Bundling)	Desabilitado	Desabilitado	Habilitado	Habilitado	Desabilitado
Agrupamento Todos em Um	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado	Desabilitado	Habilitado

Figura 2.13 –Combinações entre atributos de serviço (MEF 10.3, Tabela 12).

Observa-se nessa figura a possibilidade de habilitação isolada de cada um dos atributos de serviço (colunas 2, 4 e 5) e a possibilidade de que nenhum dos atributos de serviço esteja Habilitado (coluna 1).

A hipótese da coluna 1 só pode ocorrer quando existe uma única ECV na UNI (o que elimina a habilitação para Multiplexação de Serviços), essa EVC só pode mapear um CE-VLAN ID (o que elimina a habilitação para Agrupamento), sendo utilizado Acesso Baseado em VLAN (o que elimina a habilitação para Agrupamento Todos em Um).

Observa-se também na Figura 2.13 a incompatibilidade entre a habilitação para Multiplexação de Serviços e/ou Agrupamento e para Agrupamento Todos em Um (verifica-se que em nenhuma coluna é mostrada a habilitação simultânea desses atributos de serviço).

Por outro lado, verifica-se na coluna 3 a compatibilidade entre a habilitação para Multiplexação de Serviços e para Agrupamento.

## 2.6–QUADROS DE SERVIÇO EM EVCs

Os quadros de serviço que trafegam por uma EVC podem ser dos seguintes tipos:

- Quadros de serviço de dados;
- Quadros de serviço L2CP (*Layer 2 Control Protocol*);
- Quadros de serviço de SOAM (*Service OAM*).

Uma EVC recebe do usuário quadros Ethernet *C-VLAN tagged*, quadros *C-VLAN priority tagged* ou quadros *untagged*. Esses quadros trafegam pela EVC formatados de acordo com circunstâncias, e são enviados para a rede do usuário de destino por uma ou mais de suas UNIs também formatados de acordo com circunstâncias, o que será esclarecido no texto deste subitem.

Quadros de serviço *VLAN tagged* no seu curso ao longo de uma EVC são referidos como quadros *CE-VLAN tagged*, conforme referência anterior neste capítulo.

## 2.6.1.- Formatos de Quadros de Serviço

A Figura 2.14 representa o formato de um quadro *C-VLAN tagged* ( ou quadro de serviço *CE-VLAN tagged*).

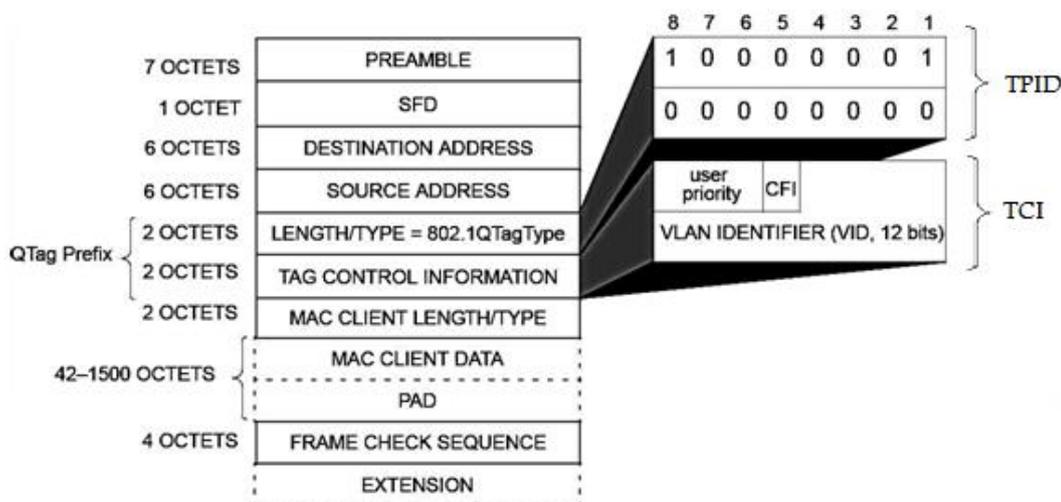


Figura 2.14 – Formato de um quadro C-VLAN tagged ( IEEE 802.3-1Q).

Um VLAN *tag* é composto pelos seguintes elementos de informação:

- Um campo *Length/Type* contendo um *Tag Protocol Identifier* (campo TPID), com 2 octetos;
- Um campo contendo *Tag Control Informations* (campo TCI), com 2 octetos.

O campo TPID consiste em um valor utilizando a codificação *EtherType* para indicar o tipo de tag em utilização. No caso de existência de um único VLAN tag, característico de bridged LANs de usuários, o valor desse campo é igual a 0x8100. O VLAN tag identificado por esse valor é também referido como Q-tag.

Como será visto adiante neste livro, esse campo assume outros valores no caso de introdução de novas tecnologias de VLAN Bridging de provedores (antes definidas pelos padrões IEEE 802.1ad, 802.1ah e 802.1Qay, e hoje incorporadas ao padrão IEEE 802.1Q-2014). Por exemplo, o PB (*Provider Bridges*) utiliza o valor 0x08A8, enquanto o PBB (*Provider Backbone Bridges*) utiliza o valor 0x88E7.

O campo TCI é dividido em três sub-campos:

- Sub-campo PCP (*Priority Code Point*), com 3 bits;
- Sub-campo CFI (*Canonical Format Indicator*), com 1 bit;
- Sub-campo VID (VLAN ID), com 12 bits.

O sub-campo PCP possibilita a indicação de até 8 níveis de prioridade, estabelecidos de acordo com o padrão IEEE 802.1p.

O CFI indica se a informação contida no campo TCI se encontra no formato canônico. No caso de Ethernet bridges, o seu valor é sempre igual a zero, o que indica a não utilização do formato canônico.

Com a perda da importância do significado do campo CFI em decorrência do desaparecimento das redes *Token Ring*, esse campo passou a se denominar DEI (*Discard Eligibility Indicator*) no S-tag do PB e no B-tag do PBB.

O campo VID possibilita a atribuição de até 4094 valores de identificação de VLANs, sendo que alguns desses valores têm significado especial. Um quadro de serviço *priority tagged* possui o campo VID com o valor 0X000.

Um quadro de serviço *untagged* possui o formato representado na figura 2.14, com a retirada do campo de quatro octetos correspondente ao C-tag.

## 2.6.2- Aplicação de Preservação de CE-VLAN ID

Uma circunstância fundamental para a definição do formato de quadros de serviço de egresso diz respeito ao atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID, que, como visto anteriormente, pode se encontrar habilitado ou desabilitado.

Conforme menção anterior, ocorre preservação de CE-VLAN ID em quadros que ingressam *CE-VLAN tagged* (inclusive quadros *priority tagged*) em uma EVC quando esses quadros egressam também *CE-VLAN tagged* dessa EVC com o mesmo CE-VLAN ID de ingresso.

Para quadros de serviço que ingressam *untagged* em uma EVC, ocorre Preservação de CE-VLAN ID quando esses quadros de serviço egressam também *untagged* da EVC. Essa condição só se verifica no caso de Agrupamento Todos em Um.

Em uma UNI com Acesso Baseado em VLAN à qual são mapeados quadros de serviço de usuário *untagged* e *priority tagged*, é configurado um valor de CE-VLAN ID referido como *Operator UNI Default CE-VLAN ID*. Esse valor de CE-VLAN ID é acrescentado, na UNI de ingresso, aos quadros de serviço de ingresso, que passam então a se constituir em quadros de serviço *CE-VLAN tagged* na EVC. A rigor os quadros de serviço de ingresso são os quadros de serviço *CE-VLAN tagged* já com o acréscimo do *Operator UNI Default CE-VLAN ID*.

O valor do *Operator UNI Default de CE-VLAN ID* deve ser previamente acordado entre o usuário e o provedor de serviço.

Quando o atributo de serviço Agrupamento Todos em Um se encontra Habilitado, ou seja, quando se utiliza Acesso Baseado em Porta, o *Operator UNI Default CE-VLAN ID* não afeta o comportamento da EVC sob a ótica do usuário, não sendo aplicável, conseqüentemente. Nesse caso, não há necessidade de acordo entre o usuário e o provedor de serviço nessa questão.

### 2.6.2.1- Atributo de Serviço Preservação de CE-VLAN ID em EVCs Habilitado

Uma EVC com o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID habilitado deve preservar os CE-VLAN IDs de acordo com a Figura 2.15.

Característica do Mapa CE-VLAN ID /EVC	Quadros de Serviço com CE-VLAN ID Preservado
Agrupamento Todos em Um Habilitado em Todas as UNIs	Todos os Quadros de Serviço de Dados
Todos os Outros Casos	Todos os Quadros de Dados VLAN Tagged com VLAN ID na faixa 1-4094 excluindo o CE-VLAN ID Utilizado para Quadros de Serviço Untagged e Priority Tagged

Figura 2.15 –Aplicação de Preservação de CE-VLAN ID em EVCs (MEF 10.3,Tabela 5).

Conforme essa figura, se o atributo de serviço Agrupamento Todos em Um se encontra Habilitado em todas as UNIs, quando essas UNIs são necessariamente associadas a uma única EVC e nessa EVC o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID se encontra Habilitado, todos os quadros de serviço que ingressam nessa EVC trafegam na EVC e egressam da EVC no mesmo formato e com o mesmo conteúdo com que ingressaram.

Em todos os outros casos, ou seja, quando o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID se encontra Habilitado em uma EVC e o atributo de serviço Agrupamento Todos em Um se encontra Desabilitado em todas as UNIs associadas a essa EVC, todos os quadros de serviço que ingressam *VLAN tagged* nessa EVC com valores de CE-VLAN ID na faixa 1-4094 têm os respectivos valores de CE-VLAN ID preservados, com exceção do valor de CE-VLAN ID configurado para quadros de serviço *untagged* e *priority tagged*.

A exceção mencionada no parágrafo anterior se deve ao fato de que preservação de CE-VLAN ID da forma em que foi definida na Seção 8.6.1 do padrão MEF 10.3 não se aplica para quadros *untagged* e *priority tagged*, a não ser no caso de Agrupamento Todos em Um.

Observa-se que quando em uma UNI o *Operator UNI Default CE-VLAN ID* é mapeado em uma EVC com o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID Habilitado, não há obrigatoriedade de preservação de CE-VLAN ID para quadros *untagged* e *priority tagged* de ingresso nessa EVC, exceto no caso de Agrupamento Todos em Um.

De acordo com o *Appendix A* ao padrão MEF 10.3, excetuando o caso de Agrupamento Todos em Um, estando o atributo de serviço Preservação de CE-

VLAN ID Habilitado em uma EVC, aplicam-se para essa EVC as associações apresentadas na tabela da Figura 2.16.

Mapa de Ingresso	Mapa de Egresso	Formato de Quadros de Serviço de Ingresso	Formato de Quadros de Serviço de Egresso
A*	A*	<i>Untagged</i> <i>Priority Tagged</i> <i>VLAN Tagged</i>	<i>Untagged</i> <i>Priority Tagged</i> <i>VLAN Tagged</i>
B	B	<i>VLAN Tagged</i>	<i>VLAN Tagged</i>
<p><i>Cenário A*: Quadros de Serviço Untagged/Priority Tagged são mapeados na EVC.</i>  <i>Cenário B: Quadros de Serviço Untagged/Priority não são mapeados na EVC.</i></p>			

Figura 2.16 – Associações Aplicáveis (MEF 10.3, Figura 29).

Nessa figura considera-se, por razões de simplificação, o caso particular de EVC ponto a ponto, o que nada afeta o que se pretende aqui mostrar.

Na notação utilizada na Figura 2.16, no cenário A\* são mapeados quadros de serviço *untagged* e *priority tagged* na EVC. Um valor A\* representa um valor de *Operator UNI Default CE-VLAN ID* mapeado, para uma EVC, em uma dada UNI associada a essa EVC.

No cenário B não podem ser mapeados quadros de serviço *untagged* e *priority tagged* na EVC. Um valor B representa um valor de CE-VLAN ID da rede do usuário mapeado, para uma EVC, em uma dada UNI associada a essa EVC.

Como o cenário B é de fácil entendimento será aqui apresentado apenas o cenário A\*. Registra-se apenas que, na Figura 2.16, os valores B nas UNIs de uma EVC são iguais.

Verifica-se que, no cenário A\*, em uma UNI onde se encontra configurado um valor de *Operator UNI Default CE-VLAN ID* igual a 20\*, por exemplo, podem ingressar quadros *untagged*, quadros *priority tagged* e quadros *VLAN tagged* com o C-VLAN ID 20.

Na UNI de egresso, onde qualquer quadro de serviço que se destina ao egresso chega com o CE-VLAN ID 20, torna-se indeterminado o formato a ser adotado nos quadros de egresso. Tais quadros podem ser quadros *untagged*, quadros *priority tagged* ou quadros *C-tagged* com o C-VLAN ID 20.

O MEF não definiu critérios para a determinação do formato de egresso, talvez no pressuposto de que o usuário, ou mesmo o provedor de serviço, o faça.

A Figura 2.17 evidencia a ocorrência dessa indefinição quanto ao formato dos quadros de egresso.

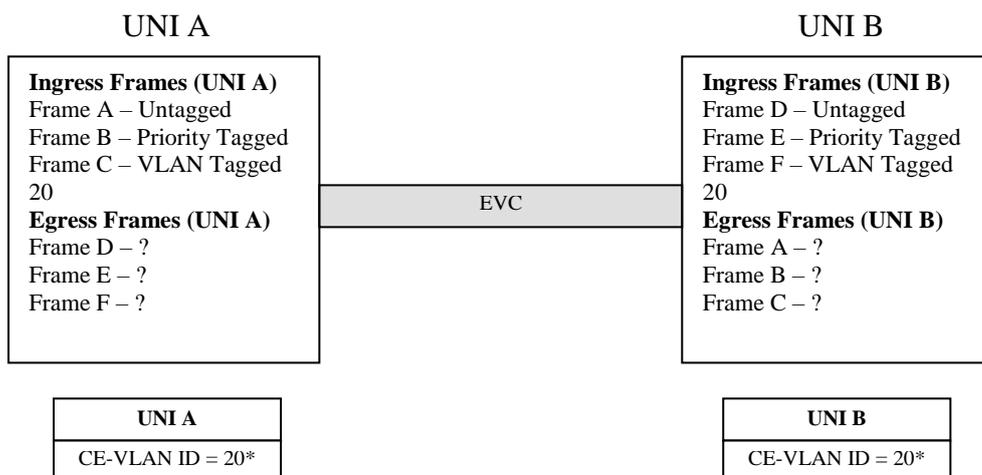


Figura 2.17 – Ilustração da indefinição de formato (MEF 10.3, Figura 31 revista).

### 2.6.2.2- Atributo de Serviço Preservação de CE-VLAN ID em EVCs Desabilitado

Quando o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID se encontra Desabilitado em uma EVC, não ocorre preservação de CE-VLAN ID nessa EVC. Um quadro de serviço que ingressa *CE-tagged* nessa EVC, trafega *CE-tagged* na EVC com o CE-VLAN ID de ingresso e egressa *CE-tagged* da EVC, porém com um valor de C-VLAN ID diferente daquele com que ingressara na EVC. Excetua-se o caso em que o valor de CE-VLAN ID configurado na UNI de egresso seja um valor de *Operator UNI Default CE-VLAN ID*.

Quando, em uma EVC com o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID Desabilitado, o valor de CE-VLAN ID configurado na UNI de egresso é um valor de *Operator UNI Default CE-VLAN ID*, os quadros de serviço de egresso são quadros *untagged*.

### 2.6.2.3 – Aplicação de Preservação de CE-VLAN ID em OVCs

Uma OVC que associa um Ponto de Terminação de OVC em uma UNI cujo valor do Mapa de Ponto de Terminação de OVC contém múltiplos valores de CE-VLAN ID DEVE possuir o valor do atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs setado para *Preserve*.

Se:

- O Ponto de Terminação de OVC se encontra em uma UNI;
- A OVC que associa esse Ponto de Terminação de OVC possui o valor do atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs setado para *Strip* ou *Retain*;

— O Ponto de Terminação de OVC possui um único valor de CE-VLAN ID que é igual ao valor do *Operator UNI Default CE-VLAN ID*.

Então, qualquer quadro de serviço de egresso mapeado nesse Ponto de Terminação de OVC DEVE ser um quadro de serviço *untagged*.

Se:

- O Ponto de Terminação de OVC se encontra em uma UNI;
- A OVC que associa esse Ponto de Terminação de OVC possui o valor do atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs setado para *Preserve*;
- O Ponto de Terminação de OVC possui um único valor de CE-VLAN ID que é igual ao valor do *Operator UNI Default CE-VLAN ID*.

Então, não existem restrições quanto ao formato de um quadro de serviço de egresso mapeado nesse Ponto de Terminação de OVC. Tal quadro pode ser um quadro de serviço *untagged*, um quadro de serviço *priority tagged* ou um quadro de serviço *VLAN-tagged*.

Quando o Ponto de Terminação de OVC se encontra em uma UNI e esse Ponto de Terminação de OVC possui um único valor de CE-VLAN ID que não seja igual ao valor do *Operator UNI Default CE-VLAN ID*, então qualquer quadro de serviço de egresso mapeado nesse Ponto de Terminação de OVC DEVE ser um quadro de serviço *VLAN-tagged*.

Quando um quadro de serviço é transmitido de uma UNI em uma CEN para uma outra UNI em outra CEN por via de uma EVC suportada por duas ou mais OVCs todas possuindo o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs setado para *Preserve*, então essa EVC deve possuir o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID habilitado (ou seja, setado para *Enabled*).

## **2.7- PROVEDORES DE SERVIÇO, OPERADORES E SUPER OPERADORES**

No modelo adotado no padrão MEF 26.2, o usuário contrata, para uma EVC, o serviço com um provedor de serviços (SP), que se torna responsável globalmente pela EVC. Para isso, o SP contrata, com os diferentes operadores de rede, os serviços por eles oferecidos nas respectivas CENs.

É de responsabilidade do SP garantir o serviço em toda a EVC, de UNI a UNI, responsabilidade essa normalmente registrada em um SLA (*Service Level Agreement*).

Diferentes tipos de entidade podem ser o SP. Por exemplo, o SP pode ser um dos operadores de rede ou uma terceira parte.

Os papéis das entidades envolvidas podem variar para cada EVC. O provedor de serviços para uma EVC pode ser um operador de rede para outra EVC, e vice-versa.

Um operador de rede pode subcontratar um ou mais outros operadores de rede, sendo que o operador de rede contratante pode ou não ser um dos operadores de rede participantes da rede assim constituída.

O operador de rede contratante é referido, no padrão MEF 26.2, como um super operador de rede. Esse processo pode ocorrer em cascata, com diferentes níveis de super operadores.

A Figura 2.18 ilustra o conceito de provedor de serviço, super operador de rede e operador de rede.

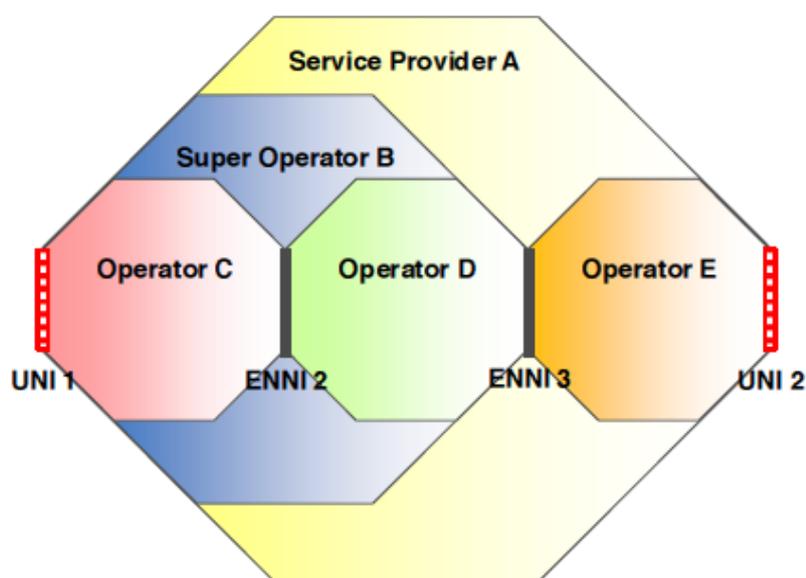


Fig 2.18– Cenário com múltiplas entidades (MEF 26.2, Figura 93).

No caso particular em que um operador de rede disponibiliza um serviço de acesso para um SP, esse operador de rede é referido como sendo um provedor de acesso (AP). O AP pode ser ou não um super provedor de acesso.

## 2.8–SERVIÇOS CARRIER ETHERNET

Serviços Carrier Ethernet, também denominados simplesmente serviços Ethernet em alguns padrões MEF, são classificados de duas formas principais.

Uma dessas classificações considera os seguintes tipos de serviços Carrier Ethernet:

- Serviços de EVC;
- Serviços de OVC.

Além dos serviços de OVC básicos, existem serviços de OVC relativos a CENs de acesso, referidos como serviços *E-Access*, e serviços de OVC relativos a CENs intermediárias em uma multi-CEN, referidos como serviços *E-Transport*.

A outra classificação considera serviços privativos e serviços privativos virtuais. Essa classificação se superpõe à outra classificação, existindo então, por exemplo, serviços de OVC privativos e serviços de OVC privativos virtuais.

Serviços privativos são aqueles caracterizados pela ocorrência de Acesso Baseado em Porta nas UNIs envolvidas, ou seja, quando o atributo de serviço Agrupamento Todos em Um está Habilitado nessas UNIs.

Serviços privativos virtuais caracterizam-se pela ocorrência de Acesso Baseado em VLAN em todas as UNIs envolvidas. Para isso, o atributo de serviço Agrupamento Todos em Um deve se encontrar Desabilitado nessas UNIs.

É possível a ocorrência de Multiplexação de Serviços e/ou de Agrupamento de CE-VLAN IDs em serviços de EVC privativos virtuais. É possível também a existência de configurações de serviços de EVC privativos virtuais em que não ocorre a habilitação de nenhum desses dois atributos de serviço (nem tampouco do atributo de serviço Agrupamento Todos em Um).

Os serviços de EVC privativos, com Acesso Baseado em Porta, não requerem a necessidade de coordenação detalhada entre o provedor de serviço e o usuário no que se refere ao mapeamento CE-VLAN ID/EVC nas UNIs associadas às EVCs desses serviços. Tais serviços são praticamente transparentes para os quadros de serviço do usuário.

O padrão MEF 6.2 especifica que o atributo de serviço Multiplexação de Serviços, embora optativo para os serviços de EVC privativos virtuais, deveria estar configurado para Habilitado nesses serviços.

Os atributos de serviço Preservação de CE-VLAN ID e Preservação de CE-VLAN CoS devem ser configurados para Habilitado nos serviços de EVC privativos e nos serviços de EVC privativos virtuais se o atributo de serviço Agrupamento se encontrar Habilitado.

### **2.8.1– Serviços de EVC (Padrão MEF 6.2)**

Os serviços Ethernet de EVC encontram-se especificados no padrão MEF 6.2 (*EVC Ethernet Services Definitions Phase 3*).

São definidos três serviços Ethernet de EVC básicos:

- Serviços E-Line (*Ethernet Line*);
- Serviços E-LAN (*Ethernet LAN*);
- Serviços E-Tree (*Ethernet Tree*).

A diferenciação entre esses tipos de serviço de EVC tem como base o tipo de EVC que os suportam.

Para os serviços E-Line as EVCs são do tipo ponto a ponto. Para os serviços E-LAN as EVCs são do tipo multiponto a multiponto, enquanto que para os serviços E-Tree as EVCs são do tipo multiponto com raiz.

### 2.8.1.1 - Serviços Privativos e Serviços Privativos Virtuais

Os serviços Ethernet de EVC básicos apresentam suas versões de serviço privativo e de serviço privativo virtual:

- Serviços E-Line: Serviço EPL ( *Ethernet Private Line*) e serviço EVPL (*Ethernet Virtual Private Line*);
- Serviços E-LAN: Serviço EP-LAN ( *Ethernet Private LAN*) e serviço EVP-LAN (*Ethernet Virtual Private LAN*);
- Serviços E-Tree: Serviço EP-Tree (*Ethernet Private Tree*) e serviço EVP-Tree (*Ethernet Virtual Private Tree*).

A figura 2.19 sumariza essa relação entre os serviços Ethernet básicos e os correspondentes serviços específicos.

Tipo de Serviço	Baseado em Porta (Agrupamento Todos em Um)	Baseado em VLAN (EVC Identificada pelo VLAN ID)
E-Line (EVC Ponto a Ponto)	Ethernet Private Line (EPL)	Ethernet Virtual Private Line (EVPL)
E-LAN (EVC Multiponto a Multiponto)	Ethernet Private LAN (EP-LAN)	Ethernet Virtual Private LAN (EVP-LAN)
E-Tree (EVC Multiponto com Raiz)	Ethernet Private Tree (EP-Tree)	Ethernet Virtual Private Tree (EVP-Tree)

**Figura 2.19– Serviços de EVC privativos e privativos virtuais (MEF 6.2, Tabela 3).**

Os serviços de EVC privativos são de mais fácil visualização do que os serviços de EVC privativos virtuais, pois as suas configurações correspondem exatamente aos respectivos tipos de EVC.

- **Exemplo de Serviço EP-LAN**

A Figura 2.20 apresenta um exemplo de serviço EP-LAN.

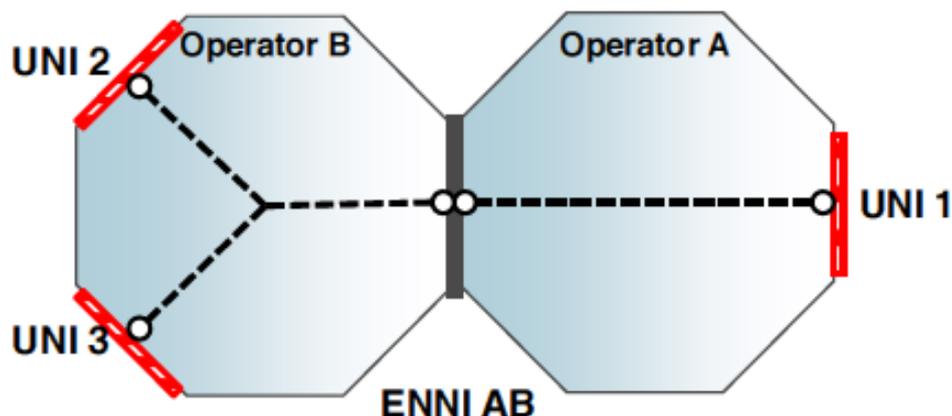


Figura 2.20 –Exemplo de serviço EP-LAN (MEF 26.2, Figura 6).

Como se observa nessa figura, o serviço EP-LAN é prestado exatamente sobre uma EVC multiponto a multiponto.

- **Exemplo de Serviço EVPL**

A Figura 2.21 representa um exemplo de serviço EVPL com dois EVPLs, com Multiplexação de Serviços na UNI a.

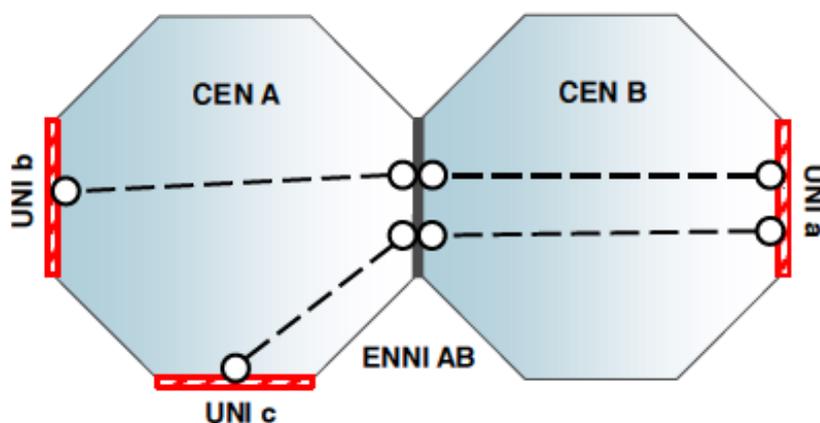


Figura 2.21 - Exemplo de serviço EVPL ( MEF 26.2, Figura 81).

Constata-se facilmente o caráter privativo virtual dessa figura, pela ocorrência de Multiplexação de Serviços na UNI a. Cada uma das EVCs representa uma instância EVPL, sendo que a configuração como um todo representa um serviço EVPL.

É importante registrar que em um serviço privativo virtual de qualquer tipo não tem que existir necessariamente Multiplexação de Serviços. Pode existir um serviço privativo virtual com uma única EVC. O que determina a natureza privativa ou privativa virtual de um serviço é a configuração das UNIs nele envolvidas.

- Exemplo de Serviço EVP-LAN e Serviço EVP-Tree

A Figura 2.22 exibe um exemplo de serviço EVP-LAN juntamente com um serviço EVP-Tree.

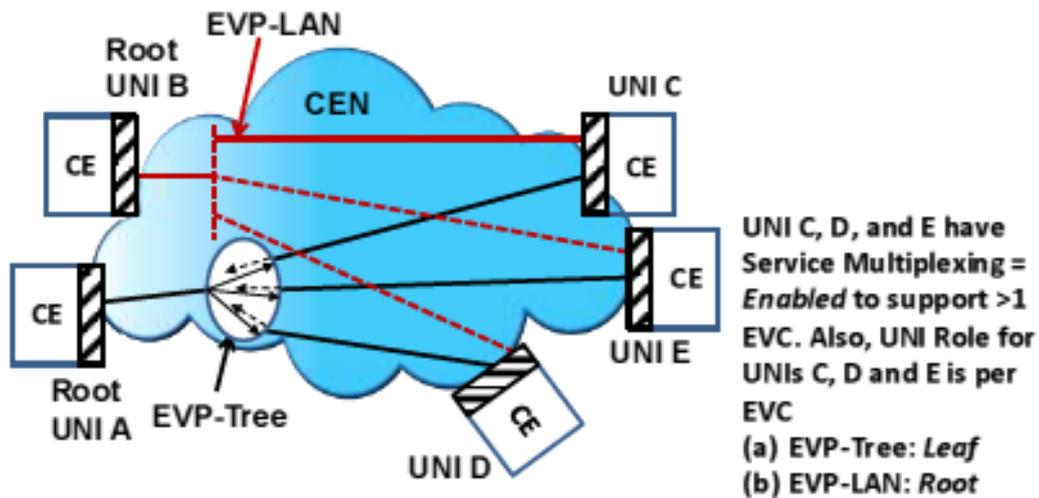


Figura 2.22 – Serviço EVP-LAN e serviço EVP-Tree (MEF 6.2, Figura 12).

A natureza privativa virtual dos serviços prestados nas duas EVCs dessa figura, fica evidenciada pela ocorrência de Multiplexação de Serviços nas UNIs C, D e E.

Como será detalhado adiante neste capítulo, nas EVCs multiponto com raiz, e conseqüentemente nos serviços EP-Tree e EVP-Tree, uma ou mais das UNIs envolvidas desempenham o papel UNI Raiz, enquanto as demais UNIs envolvidas desempenham o papel UNI Folha.

Em EVCs ponto a ponto e em EVCs multiponto a multiponto todas as UNIs envolvidas desempenham o papel UNI Raiz. A UNI A (na EVP-Tree) e a UNI B (na EVP-LAN) na figura 2.22 são UNIs Raiz.

As UNIs C, D e E desempenham diferentes papéis para cada uma das EVCs da figura (*per EVC roles*). Para a EVC correspondente ao serviço EVP-Tree essas UNIs são UNIs Folha, enquanto que para a EVC correspondente ao serviço EVP-LAN essas mesmas UNIs são UNIs Raiz.

Os serviços de EVC serão abordados com maior profundidade no Capítulo 4 deste livro.

### 2.8.1.2– Serviços de OVC

Os serviços Ethernet de OVC encontram-se definidos no padrão MEF 33 (*Ethernet Access Services Definition*) e no padrão MEF 51 (*OVC Services Definitions*).

## 2.8.2- Padrão MEF 33

O padrão MEF 33, restrito a serviços Ethernet de acesso (*E-Access Services*), limita-se à definição de dois serviços de acesso específicos suportados por OVCs ponto a ponto:

- Serviço *Access EPL*;
- Serviço *Access EVPL*.

Conforme menção anterior neste capítulo, um serviço de EVC que envolve um serviço de acesso é prestado por um SP (provedor de serviço) que contrata o serviço de acesso de um AP (provedor de acesso). O AP pode inclusive subcontratar um ou mais outros APs, funcionando então como um super operador de acesso.

### 2.8.2.1-Serviços Access EPL e Access EVPL

A Figura 2.23 apresenta os serviços de acesso definidos no padrão MEF 33, onde fica evidenciada a limitação dos serviços *E-Access* a OVCs ponto a ponto na atual versão desse padrão.

OVC Type	Port-Based	VLAN-Based
Point-to-point	Access Ethernet Private Line (Access EPL)	Access Ethernet Virtual Private Line (Access EVPL)
Multipoint-to-multipoint	NA	NA
Rooted Multipoint	NA	NA

Figura 2.23 – Serviços E-Access no padrão MEF 33 (MEF 33, Tabela 4).

Nessa figura, a sigla NA significa *Not Available*, ou seja, indica as opções de serviço não oferecidas na versão atual do padrão MEF 33.

No serviço *Access EPL* (*Access Ethernet Private Line*), cada *Access EPL* tem como suporte uma única OVC ponto a ponto (UNI-ENNI) de acesso, com Acesso Baseado em Porta na UNI associada a essa EVC.

Cada *Access EPL* é parte integrante de uma EVC com Agrupamento Todos em Um. Essa EVC pode ser uma EVC ponto a ponto (serviço EPL) ou uma EVC multiponto a multiponto (serviço EP-LAN), dependendo do que ocorre em outras CENs, além da CEN de acesso, envolvidas na EVC.

Se, por exemplo, a CEN de acesso possui um *Access EPL* conectado a uma OVC multiponto a multiponto em outra CEN da rede, a EVC assim constituída é uma EVC multiponto a multiponto, e o serviço de EVC prestado é o EP-LAN.

O padrão MEF 33 não especifica o *Access EPL* como parte integrante de uma EVC multiponto com raiz (o que constituiria um serviço EP-Tree).

No serviço *Access EVPL*, cada *Access EVPL* tem como suporte uma única OVC ponto a ponto de acesso, com Acesso Baseado em VLAN na UNI associada a essa OVC. Caso exista Multiplexação de Serviços, podem ser associados múltiplos *Access EVPLs* nessa UNI.

Cada *Access EVPL* é parte integrante de uma EVC cujas UNIs a ela associadas suportam Acesso Baseado em VLAN, podendo ocorrer então Multiplexação de Serviços e/ou Agrupamento nessas UNIs, sendo que o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID pode se encontrar habilitado ou desabilitado nessa EVC.

Essa EVC pode ser uma EVC ponto a ponto (serviço EVPL) ou uma EVC multiponto a multiponto (serviço EVP-LAN), dependendo do que ocorre em outras CENs, além da CEN de acesso, envolvidas nessa EVC.

O padrão MEF 33 não especificou o uso de *Access EVPL* como parte integrante de uma EVC multiponto com raiz (o que constituiria um serviço EVP-Tree).

A figura 2.24 apresenta as possibilidades de uso dos serviços *Access EPL* e *Access EVPL* como parte integrante dos serviços de EVC.

		Supported by Access Provider's Wholesale Service:	
		Access-EPL (Port-Based)	Access-EVPL (VLAN-Based)
Service Provider Offers MEF 6.1 Service:			
Port-based	EPL	X	
	EP-LAN	X	
VLAN-based	EVPL		X
	EVP-LAN		X

Figura 2.24 – Uso de serviços E-Access em Serviços de EVC (MEF 33, Tabela 3).

Em um balanço entre os Serviços *Access EPL* e *Access EVPL*, registra-se que o serviço *Access EPL* oferece maior transparência, enquanto o serviço *Access EVPL* possibilita uma maior variedade de facilidades.

### 2.8.2.2-Exemplos de Serviço Access EPL

A figura 2.25 apresenta um exemplo com dois serviços *Access EPL*.

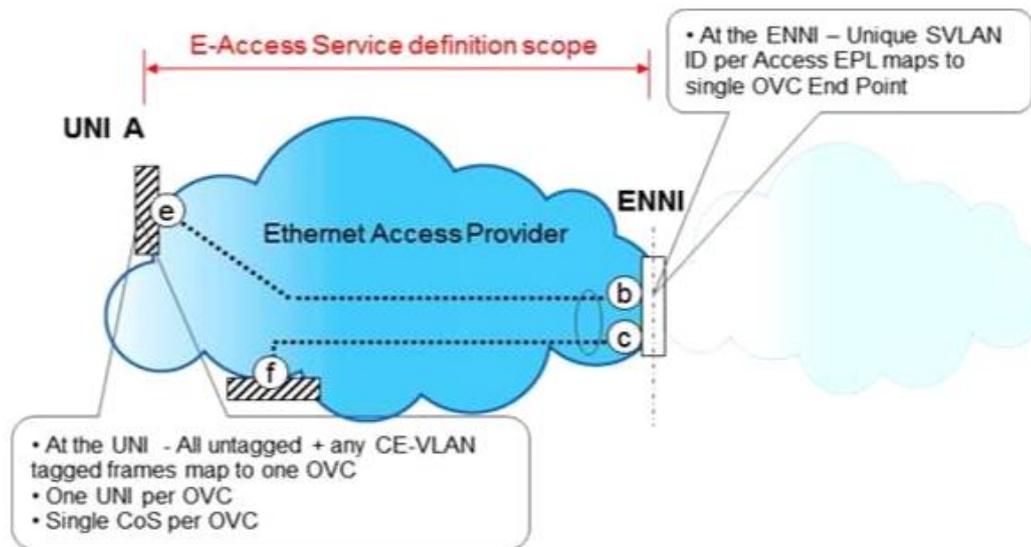


Figura 2.25- Exemplo com dois serviços Access EPL (MEF 33, Figura 4).

Por se tratar necessariamente de um serviço de EVC privativo (EPL ou EP-LAN), ocorre a habilitação do atributo de serviço Agrupamento Todos em Um em todas as UNIs envolvidas, verificando-se também a habilitação do atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID nas duas EVCs.

O atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs deve se encontrar setado para *Preserve* nas duas OVCs da Figura 2.25.

- **Serviço EPL utilizando o Access EPL**

A figura 2.26 apresenta um exemplo de serviço EPL utilizando o serviço *Access EPL*.

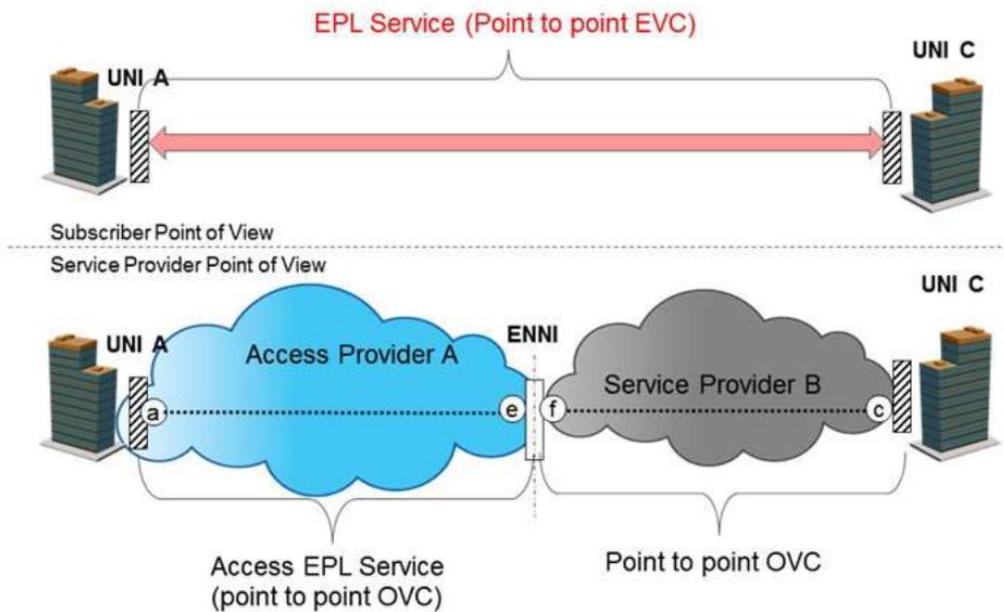


Figura 2.26 – Serviço EPL utilizando o Access EPL (MEF 33, Figura 8)

- Serviço EP-LAN utilizando o Access EPL

A Figura 2.27 apresenta um exemplo de serviço EP-LAN utilizando o serviço *Access EPL*.

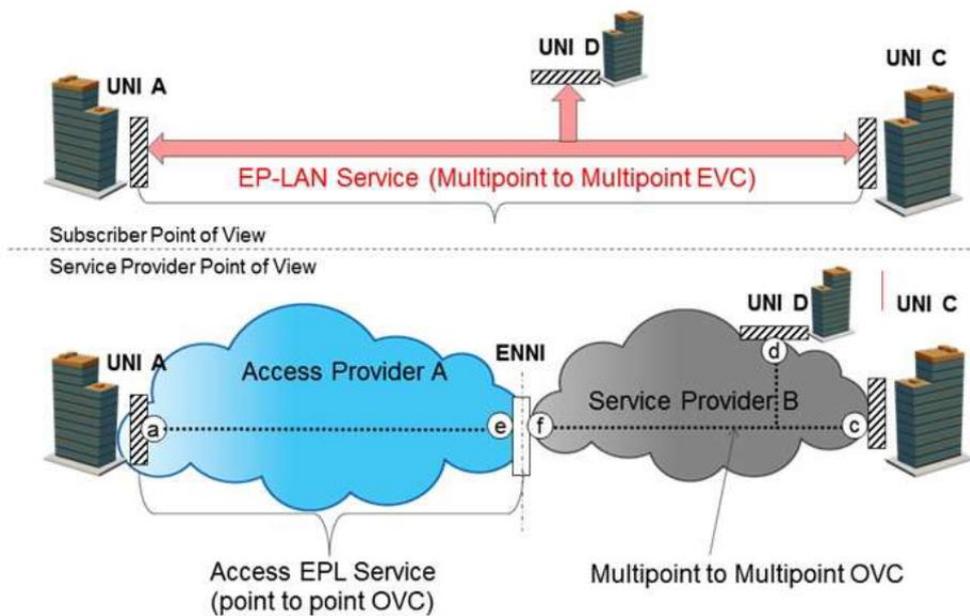


Figura 2.27 – Serviço EP-LAN utilizando o Access EPL (MEF, Figura 9).

### 2.8.2.3- Exemplos de Serviço Access EVPL

A figura 2.28 apresenta um exemplo de serviço *Access EVPL* com três instâncias EVPL.

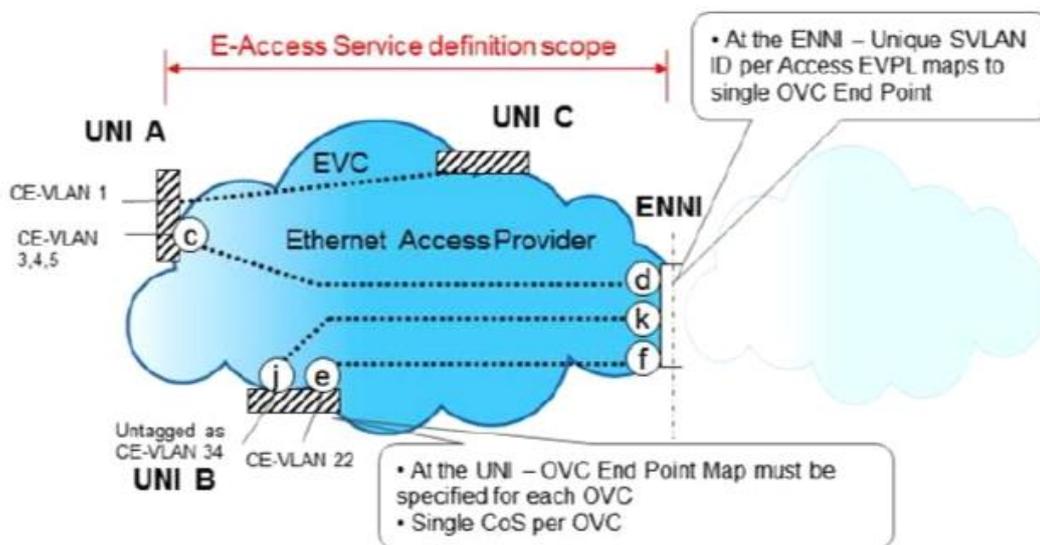


Figura 2..28- Dois exemplos de serviço Access EVPL (MEF 33, Figura 5).

As UNI A e UNI B dessa figura operam com acesso baseado em VLAN, sendo que em ambas o atributo de serviço Multiplexação de Serviços se encontra habilitado, o que não seria possível com o serviço *Access EPL*.

A UNI A está associada a uma EVC ( UNI A-UNI C) e a um *Access EVPL* (UNI A-ENNI). Na UNI A, o atributo de serviço Agrupamento encontra-se necessariamente habilitado. A EVC que contém o *Access EVPL* nessa UNI (onde ocorre o Agrupamento) apresenta o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID habilitado.

O atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID na EVC entre a UNI A e a UNI C pode se encontrar Habilitado ou Desabilitado, dependendo do que ocorre na UNI C.

À UNI B estão associados dois *Access EVPLs* entre essa UNI e a ENNI, o que caracteriza a ocorrência de Multiplexação de Serviços.

A figura 2.29 exhibe um exemplo de utilização do serviço EVPL utilizando o serviço *Access EVPL*.

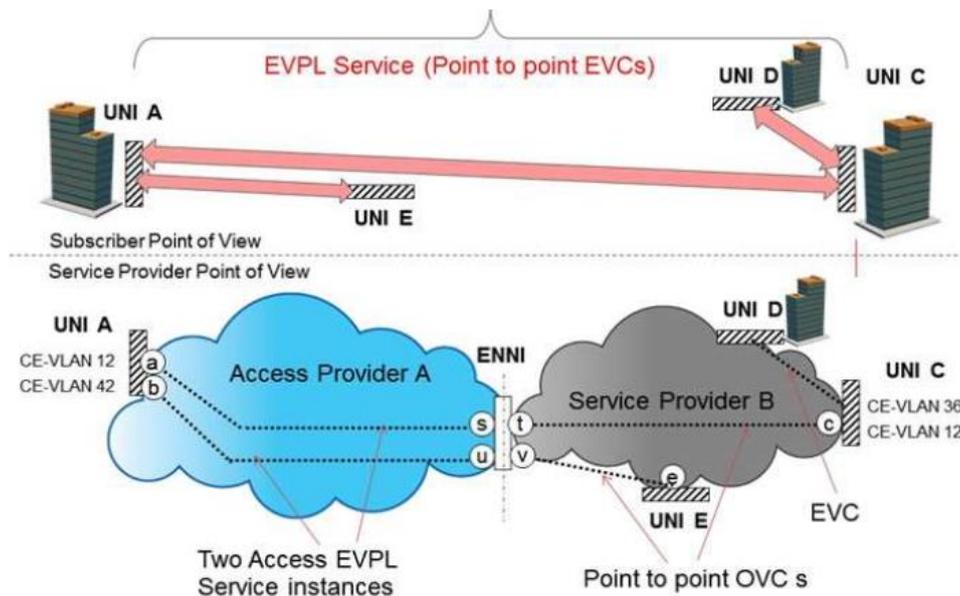


Figura 2.29 – Serviço EVPL utilizando o Access EVPL (MEF 33, Figura 11).

Para que a configuração dessa figura se torne um exemplo de serviço EVPL-LAN utilizando o serviço *Access EVPL*, bastaria que uma das OVCs do provedor de serviço B fosse uma OVC multiponto a multiponto.

#### 2.8.2.4 -Uso de NIDs em Serviços E-Access

O padrão MEF 43 (*Virtual NID (vNID) Functionality for E-Access Services*) define o uso de funções de interfaciamento entre o provedor de serviço (SP) e o usuário, quando esse usuário é atendido por intermédio de uma rede de acesso. O SP necessita interagir com os processos onde se realizam essas funções, para fins de gerenciamento.

Foram especificadas três alternativas para o provimento dessas funções:

- Provimento pelo AP (provedor de acesso);
- Provimento por um NID externo de propriedade do SP;
- Provimento por um NID virtual (vNID) na rede do AP.

Essas alternativas serão apresentadas com maiores detalhes no item 3.2 do Capítulo 3 deste livro, em conjunto com informações concernentes à interação entre o SP e o AP quando se utiliza vNIDs na rede do AP.

#### 2.8.3- Padrão MEF 51

O padrão MEF 51 define serviços de OVC gerais e serviços de OVC específicos que podem ser oferecidos por um operador de rede.

### 2.8.3.1 – Serviços de OVC Gerais

Foram especificados os seguintes serviços de OVC gerais:

- Serviços O-Line;
- Serviços O-LAN;
- Serviços O-Tree.

A figura 2.30 apresenta os serviços de OVC gerais com os respectivos tipos de OVC.

OVC Type	General OVC Service
Point-to-Point	O-Line
Multipoint-to-Multipoint	O-LAN
Rooted-Multipoint	O-Tree

Figura 2.30 – Serviços de OVC gerais (MEF 51, Tabela 3).

Como se verifica nessa figura, os serviços de OVC gerais são suportados pelos seguintes tipos de OVC:

- Serviços O-Line: com OVCs ponto a ponto (UNI-ENNI e ENNI-ENNI);
- Serviços O-LAN: com OVCs multiponto a multiponto;
- Serviços O-Tree: com OVCs multiponto com raiz.

#### • Serviço O – Line

O serviço O-Line, que se baseia em uma OVC ponto a ponto, pode ser utilizado para a conexão de duas ENNIs, para a conexão de dois Pontos de Terminação de OVC em uma mesma ENNI (Comutação *Hairpin*) ou para a conexão entre uma ENNI e uma UNI.

A Figura 2.31 apresenta um exemplo de configuração com oito instâncias de serviço O-Line em quatro CENs, que são utilizadas para suportar três instâncias de serviço E-Line.

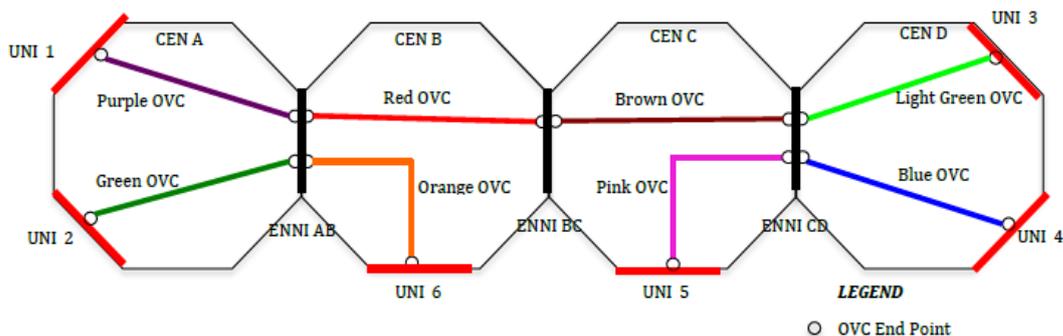


Figura 2.31 – Configuração com oito instâncias do serviço O-Line (MEF 51, Figura 4).

- Serviço O - LAN

O serviço O-LAN, que se baseia em uma OVC multiponto a multiponto, pode ser utilizado para conectar qualquer tipo de EI, com a condição de que no mínimo uma dessas EIs seja uma ENNI.

A Figura 2.32 apresenta uma configuração de serviço E-LAN, onde se verifica a utilização do serviço O-LAN em duas CENs (CEN A e CEN D).

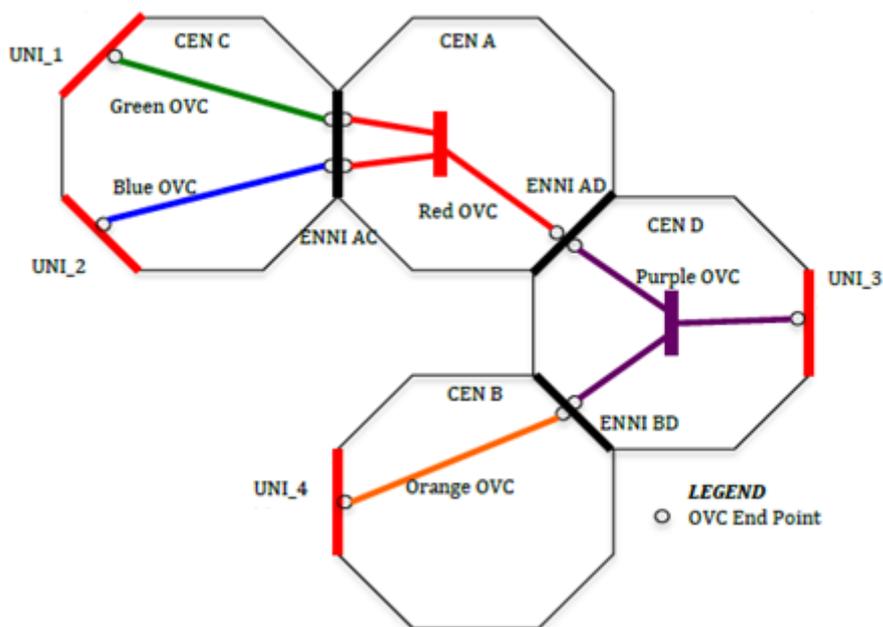


Figura 2.32 – Exemplo de serviço E-LAN com o uso de dois serviços O-LAN (MEF 51, Figura 2).

- Serviço O – TREE

O serviço O-TREE, que se baseia em uma OVC multiponto com raiz, pode ser utilizado para conectar qualquer tipo de EI, com a condição de que no mínimo uma dessas EIs seja uma ENNI.

A Figura 2.33 apresenta uma configuração de serviço E-Tree, onde se verifica a utilização do serviço O-Tree em uma CEN (CEN B).

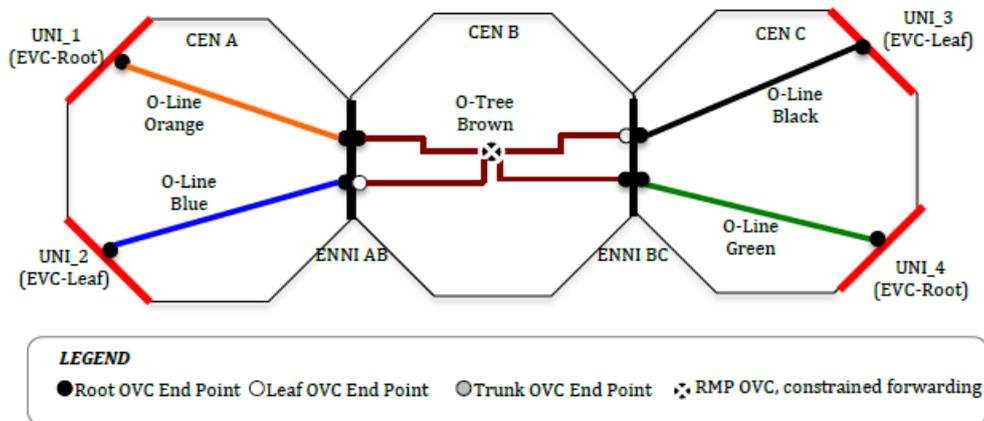


Figura 2.33 – Exemplo de serviço E-Tree com um serviço O-Tree (MEF 51, Figura 7).

A visão do usuário para a configuração dessa figura, que é simplesmente a de um serviço E-Tree, encontra-se representada na Figura 2.34.

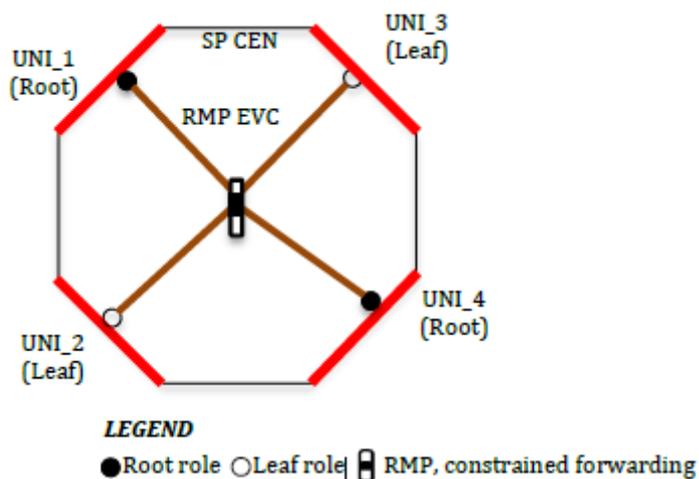


Figura 2.34 – Visão do usuário para a Figura 2.33 (MEF 51, Figura 6).

Pela Figura 2.33, admite-se que o provedor de serviço contratou quatro serviços O-Line dos operadores da CEN A e da CEN C, e um serviço O-Tree do operador da CEN B, com o propósito de prestar o serviço E-Tree da Figura 2.34 ao usuário.

Uma outra alternativa para prestação desse mesmo serviço E-Tree ao usuário encontra-se representada na Figura 2.35.

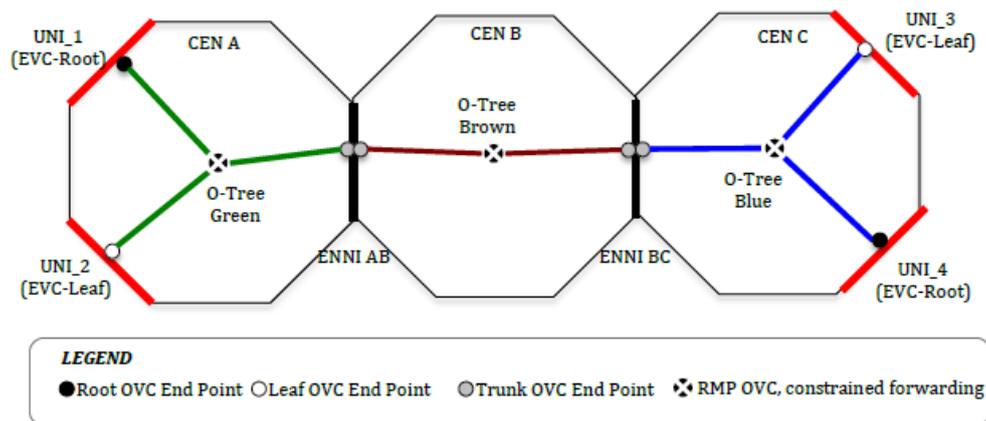


Figura 2.35 – Alternativa para a Figura 2.33 (MEF 51. Figura 8).

Nesse caso, admite-se que o provedor de serviço contratou três serviços O-Tree, um de cada operador de CEN, para prestar o mesmo serviço E-Tree ao usuário.

Na CEN B ocorre um caso interessante, em que um serviço O-Tree utiliza apenas duas UNIs.

### 2.8.3.2 – Serviços de OVC Específicos

O padrão MEF 51 define, adicionalmente, quatro serviços de OVC específicos relativos a serviços *E-Access* (UNI A ENNI) e a serviços *E-Transport* (ENNI a ENNI). A figura 2.36 exibe esses quatro serviços específicos.

Type of OVC Service	Point-to-Point OVC	Multipoint-to-Multipoint OVC
E-Access Service (UNI-to-ENNI OVC)	Access E-Line	Access E-LAN
E-Transit Service (ENNI-to-ENNI OVC)	Transit E-Line	Transit E-LAN

Figura 2.36– Serviços de OVC específicos (MEF 51, Tabela 4).

Como se verifica nessa figura, a atual versão do padrão MEF 51 define dois serviços *E-Access* que são o serviço *Access E-Line* e o serviço *Access E-LAN*. Define também dois serviços *E-Transport*, que são os serviços *Transit E-Line* e o serviço *Transit E-LAN*.

Essa versão não define, contudo, o serviço *Access E-Tree* nem o serviço *Transit E-Tree*.

- **Serviço Access E-Line**

O serviço *Access E-Line* constitui-se em um serviço O-Line, porém com restrições (*constraints*) adicionais.

A figura 2.37 representa três exemplos de serviço *Access E-Line*.

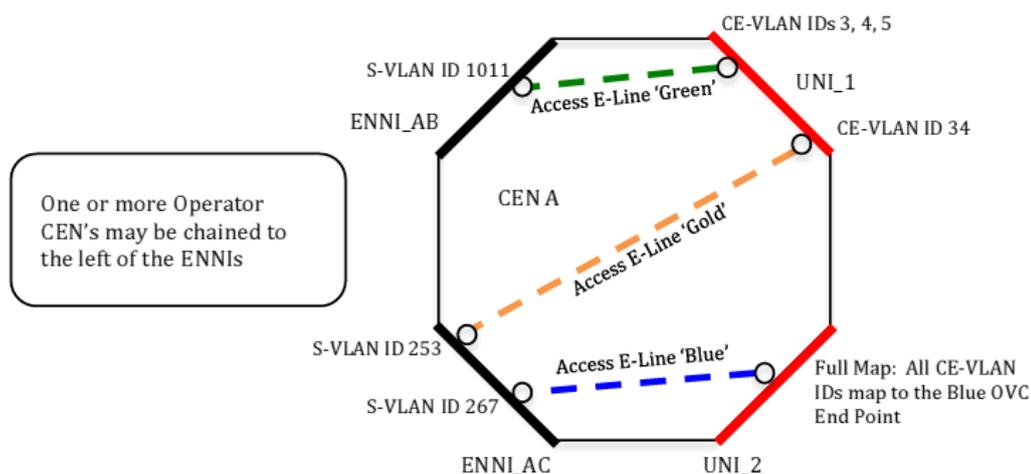


Figura 2.37 – CEN com três serviços *Access E-Line* (MEF 51, Figura 9).

O serviço *Access E-Line* foi concebido para suportar versões aprimoradas dos serviços *Access EPL* e *Access EVPL* definidos no padrão MEF 33. Essas versões não receberam denominações específicas, sendo ambas referidas sob a denominação geral de serviços *Access E-Line*.

- **Serviço *Access E-LAN***

O serviço *Access E-LAN* constitui-se em um serviço *O-LAN*, porém com restrições adicionais.

A figura 2.38 exibe um exemplo com duas possíveis aplicações para o serviço *Access E-LAN*.

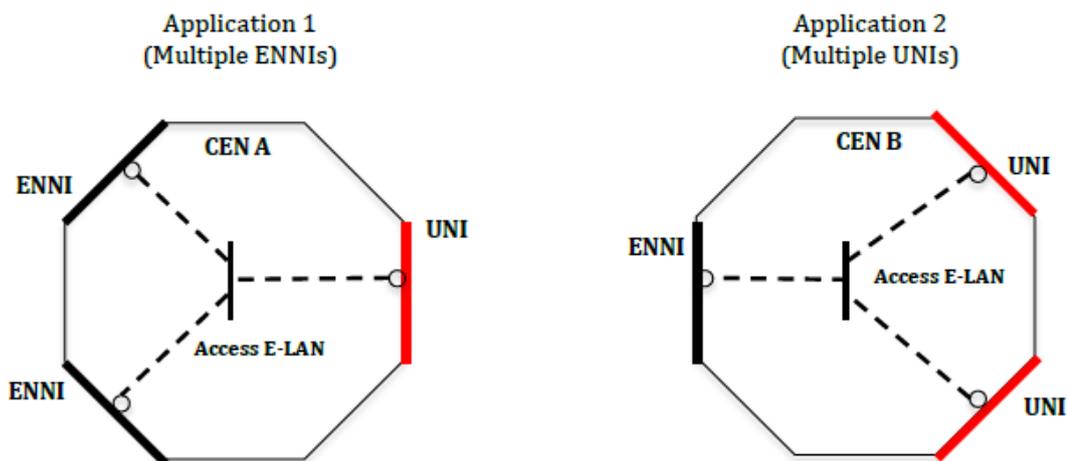


Figura 2.38 – Possíveis aplicações do serviço Access E-LAN (MEF 51, Figura 11).

Como se observa, no primeiro exemplo uma UNI acessa duas ENNIs, enquanto que no segundo exemplo duas UNIs acessam uma ENNI.

Em outro exemplo, a Figura 2.39 exibe uma configuração de serviço EVP-LAN com o uso de dois serviços *Access E-LAN*.

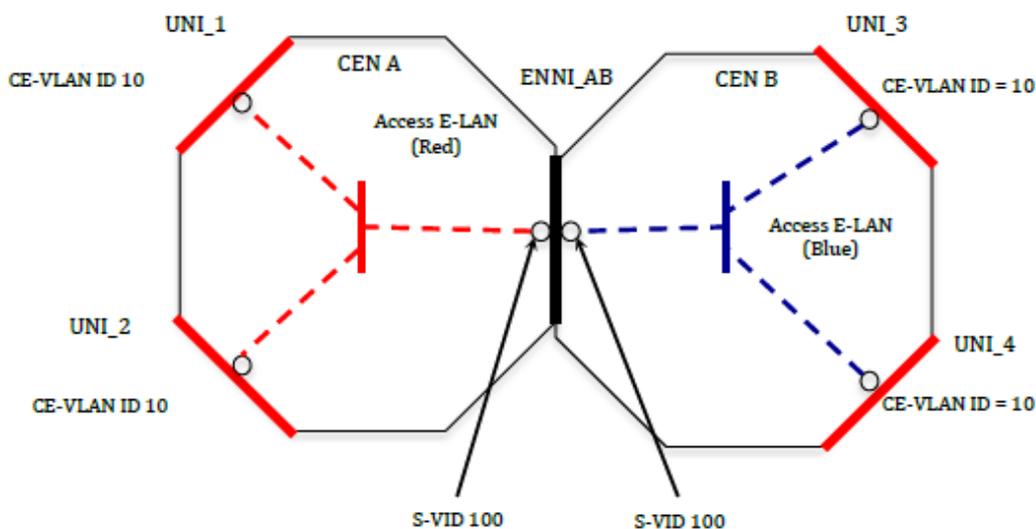


Figura 2.39- EVP-LAN utilizando dois serviços Access E-LAN (MEF 51, Figura 13).

Nessa figura, o usuário deseja um serviço de EVC com Preservação de CE-VLAN ID (CE-VLAN ID 10) na EVC. O provedor de serviço contrata dois serviços Access E-LAN com os operadores da CEN A e da CEN B para prover o serviço desejado pelo usuário.

Observa-se que se trata de um serviço EVP-LAN, embora não ocorra Multiplexação de Serviços. O EVPL caracteriza-se pelo Acesso Baseado em VLAN, estando o atributo de serviço Agrupamento Todos em Um Desabilitado.

A Figura 2.40 apresenta o serviço EVP-LAN da Figura 2.39 sob a ótica do usuário.

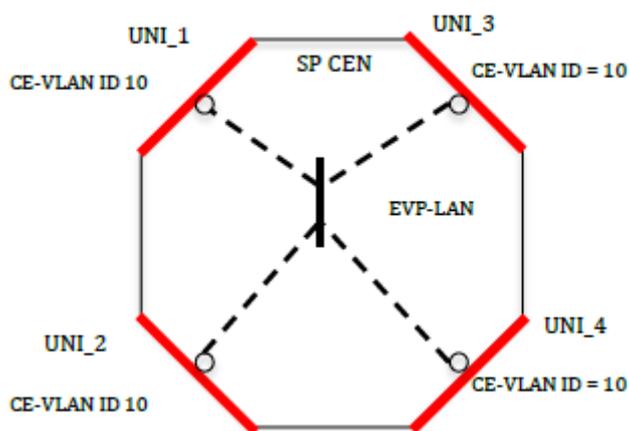


Figura 2.40 – Figura 2.39 sob a ótica do usuário (MEF 51, Figura 12).

Uma alternativa para que o provedor de serviço atenda a solicitação do usuário expressa na figura anterior encontra-se na Figura 2.41.

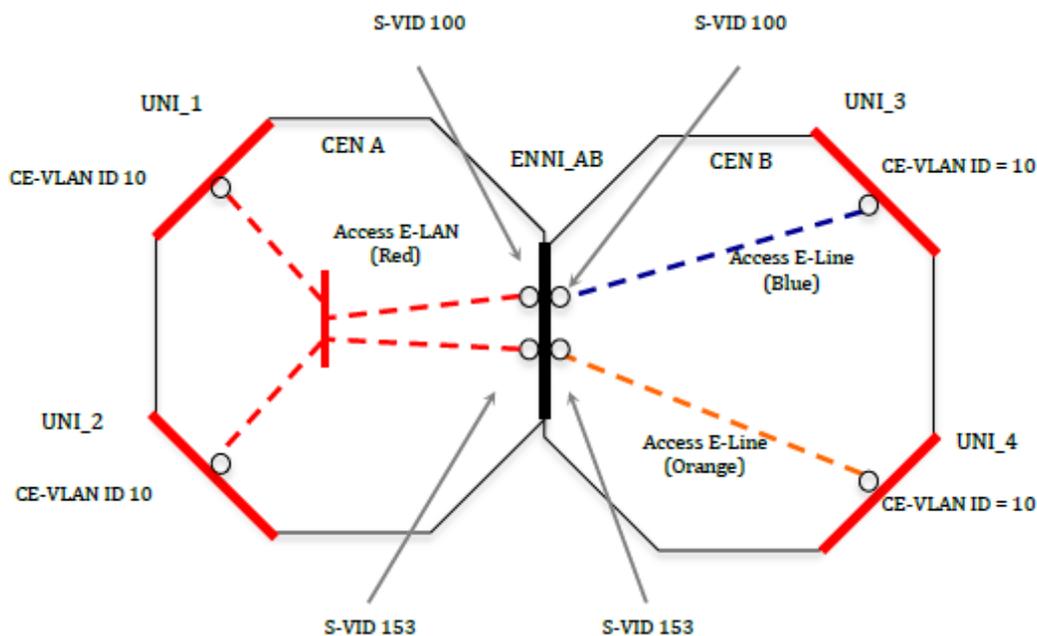


Figura 2.41 – Configuração alternativa para a Figura 2.39 (MEF 51, Figura 14).

- **Serviço Transit E-Line**

O serviço *Transit E-Line* constitui-se em um serviço O-Line, porém com restrições adicionais.

A figura 2.42 apresenta dois exemplos de serviço *Transit E-Line*.

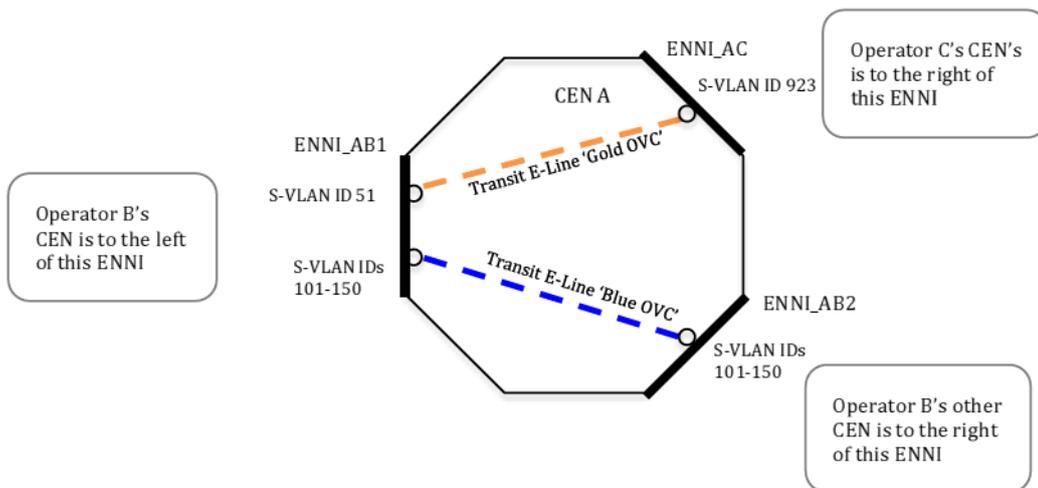


Figura 2.42 – Dois exemplos de serviço Transit E-Line (MEF 51, Figura 15).

- **Serviço Transit E-LAN**

O serviço *Transit E-LAN* constitui-se em um serviço O-LAN, porém com restrições adicionais.

A Figura 2.43 apresenta um exemplo de serviço *Transit E-LAN*.

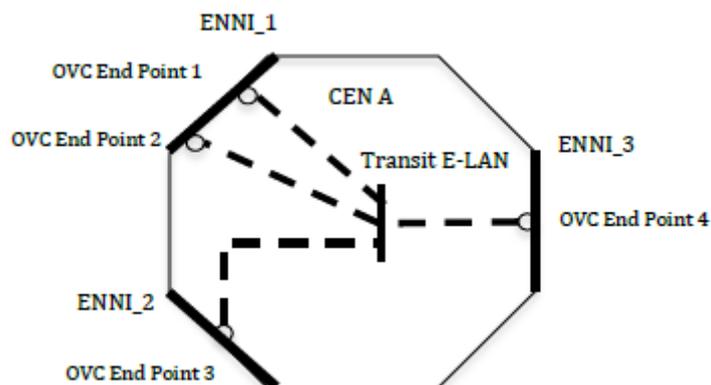


Figura 2.43- Exemplo de serviço Transit E-LAN (MEF 51, Figura 16).

Essa figura envolve três ENNIs ( ENNI\_1, ENNI\_2 e ENNI\_3), sendo que na ENNI\_1 estão configurados dois Pontos de Terminação de OVC.

## CAPITULO 3

### INTERFACES E PONTOS DE TERMINAÇÃO

#### 3.1–PREÂMBULO

O presente capítulo tem como objetivo aprofundar os conhecimentos relativos às interfaces em Carrier Ethernet, e apresentar os diferentes pontos de terminação definidos pelo MEF.

Como visto no parágrafo anterior, as interfaces em Carrier Ethernet são classificadas como EIs (*External Interfaces*) e como IIs (*Internal Interfaces*). Este capítulo se concentra nas EIs, onde se encontra toda a lógica da *ETH-Layer*.

Como também foi dito no capítulo anterior, as EIs se dividem em EIs básicas (*Base EIs*) e em EIs especiais.

As EIs básicas consistem nas UNIs e nas ENNIs. Os padrões MEF que cobrem mais especificamente as EIs básicas, e que são abordados neste capítulo, são os seguintes:

- Padrão MEF 11 (*User Network Interface (UNI) Requirements and Framework*);
- Padrão MEF 13 (*User Network Interface (UNI) Type 1 Implementation Agreement*);
- Padrão MEF 20 (*UNI Type 2 Implementation Agreement*);
- Padrão MEF 26.2 (*External Network Interface (ENNI) and Operator Service Attributes*);

Até recentemente, encontrava-se em vigor o padrão MEF 28 (*External Network Network Interface (ENNI) Support for UNI Tunnel Access and Virtual UNI*). Por julgar que o conteúdo desse padrão encontrava-se coberto pelos termos do padrão MEF 26.2, o MEF eliminou o padrão MEF 28.

No entanto, por considerar elucidativos alguns conceitos e algumas figuras do padrão MEF 28 os autores decidiram apresentá-los no item 3.6 do presente capítulo.

São também abordados neste capítulo os diferentes pontos de terminação, com destaque para os Pontos de Terminação de OVC, que se apresentam em diferentes formas, como Pontos de Terminação de OVC de UNI, de OVC de ENNI, de OVC de UTA, dentre outras.

Destacam-se, em termos de pontos de terminação, particularmente de Pontos de Terminação de OVC, os padrões MEF 26.2 e MEF 28, já citados neste preâmbulo, e que serão explorados também nesse aspecto.

Por fim, são abordadas neste capítulo as seguintes interfaces especiais:

- UNIs Virtuais (VUNIs);
- UNIs Remotas (RUNIs);
- NID UNIs (NUNIs).

As interfaces especiais são cobertas pelo padrão MEF 12.2 (*Carrier Ethernet Network Architecture Framework Part 2: Ethernet Services Layer*), pelo padrão MEF 43 (*Virtual NID (vNID) Functionality for E-Access Service*) e pelo padrão MEF 26.2.

Esses padrões cobrem diferentes aspectos complementares às interfaces especiais, como a definição de UTA (*UNI Tunnel Access*), de *Feeder OVC* e de NID (*Network Interface Device*).

Em suma, a intenção dos autores é a de abordar de forma abrangente, e com um considerável nível de aprofundamento, todos os aspectos concernentes à utilização de interfaces e de pontos da terminação em Carrier Ethernet.

### **3.2 -UNI (USER NETWORK INTERFACE)**

O presente item, que descreve os diferentes tipos de UNI padronizados pelo MEF, tem como fundamento os seguintes padrões MEF:

- MEF 11 (*User Network Interface (UNI) Requirements and Framework*);
- MEF 13 (*User Network Interface Type 1 Implementation Agreement*);
- MEF 20 (*UNI Type 2 Implementation Agreement*).

Foram definidos três tipos básicos de UNI, que são a UNI Tipo 1, a UNI Tipo 2 e a UNI Tipo 3.

As UNI Tipo 1 e UNI Tipo 2 foram especificadas nos respectivos IAs (*Implementation Agreements*), representados respectivamente pelo padrão MEF 13 e pelo padrão MEF 20, que serão vistos adiante neste item.

A UNI Tipo 3 adota um método de operação que permite ao CE solicitar, sinalizar e negociar EVCs e os seus atributos de serviço associados à UNI-N. A especificação da UNI Tipo 3 será complementada em versões futuras do padrão MEF 11.

Ressalta-se também a emissão de padrões MEF dedicados aos ATs (*Abstract Test Suites*) referentes à UNI, que são os padrões MEF 19 (*Abstract Test Suite for UNI Type 1*), MEF 21 (*Abstract Test Suite for UNI Type 2 Link OAM*), MEF 24 (*Abstract Test Suite for UNI Type 2 Part 2 E-LMI*) MEF 25 (*Abstract Test Suite for UNI Type 2 Part 3 Service OAM*) e MEF 27 (*Abstract Test Suite for UNI Type 2 Part 5: Enhanced UNI Attributes & Part 6: L2CP Handling*).

#### **3.2.1 – Padrão MEF 11 ( Requisitos e Estruturação)**

O padrão MEF 11 provê os requisitos e uma estruturação para a UNI.

A UNI descreve os diferentes aspectos da interface entre o usuário e o provedor de serviço. A UNI é fisicamente implementado sobre um link Ethernet bidirecional, que claramente demarca os dois domínios de rede envolvidos. Esse link é também referido como *ETH Access Link*.

### 3.2.1.1 – UNI-C e UNI-N

As funcionalidades de uma UNI são distribuídas entre a parte que desempenha as funções de UNI do lado do usuário, referida como UNI-C, e a parte que desempenha as funções de UNI do lado da CEN, referida como UNI-N.

O Ponto de Referência da UNI (*UNI Reference Point*), que demarca as responsabilidades entre o provedor de serviço e o usuário, situa-se tipicamente no ponto onde a UNI-C conecta-se ao link Ethernet. O Ponto de Referência de UNI equivale ao Ponto de Referência T anteriormente abordado neste capítulo.

Na figura 3.1 encontram-se representadas as UNI-C e UNI-N, sendo indicado o Ponto de Referência da UNI em seu posicionamento típico.

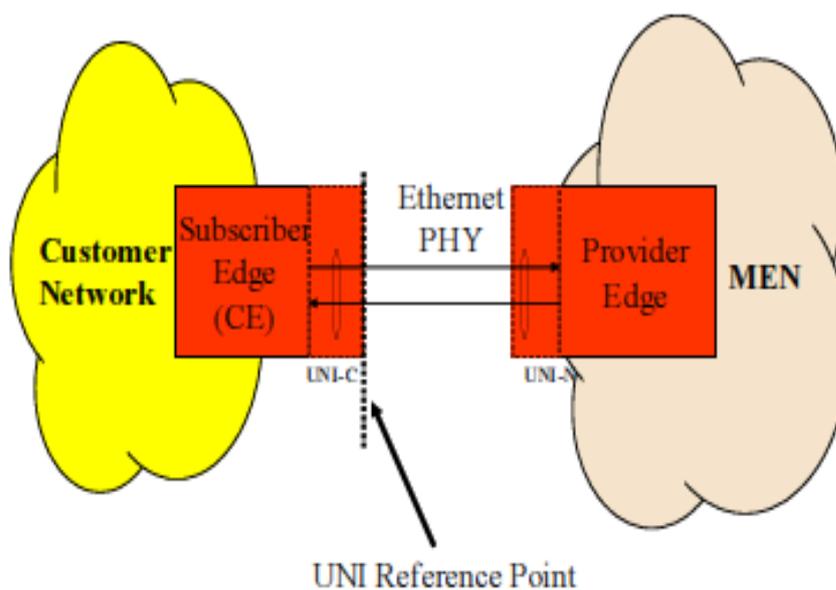


Figura 3.1– UNI e Ponto de Referência de UNI (MEF 11, Figura 2).

Os elementos funcionais (FEs) da UNI-N, que implementam as funções da UNI do provedor de serviço, podem estar distribuídos em uma rede de acesso. Nesse caso, o ponto de referência entre a rede de acesso e o equipamento PE (*provider edge*) é denominado SNI (*Service Node Interface*), conforme a figura 3.2.

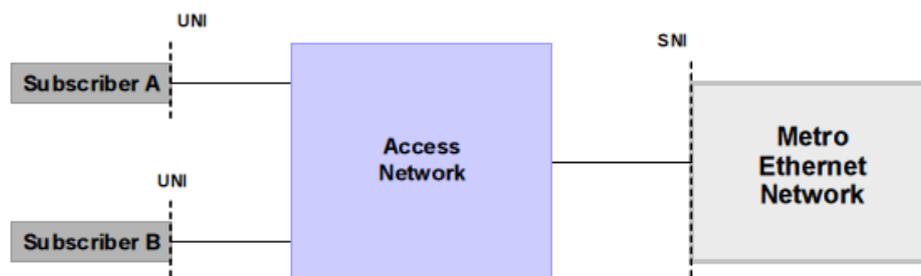


Figura 3.2 - UNI e SNI (MEF 11, Figura 3).

A SNI é equivalente à SI-NNI apresentada anteriormente neste capítulo.

### 3.2.1.2 – Modelo de Referência da UNI

A figura 3.3 apresenta o Modelo de Referência da UNI, que contempla as diferentes funções desempenhadas pela UNI, distribuídas pelo plano de dados, pelo plano de controle e pelo plano de gerenciamento.

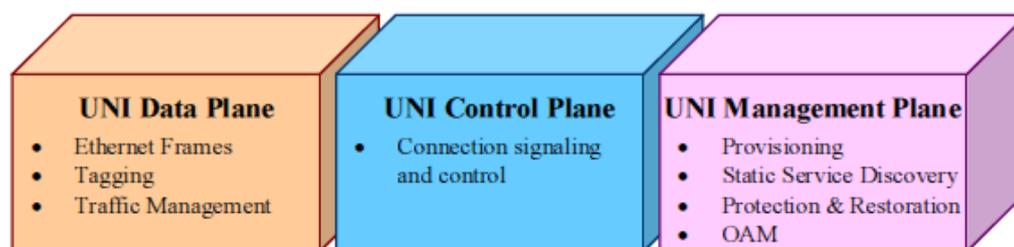


Figura 3.3–Modelo de referência da UNI (MEF 11, Figura 4).

### 3.2.2-Padrão MEF 13 (ETH UNI Tipo 1)

A UNI Tipo 1, cuja implementação foi especificada no IA ( *Implementation Agreement*) correspondente ao padrão MEF 13, opera por configuração manual pelo provedor de serviço e pelo usuário, na UNI-N e na UNI-C respectivamente. A configuração manual permite o provisionamento de serviços de conectividade entre a UNI-C e a UNI-N no plano de dados, sem qualquer recurso nos planos de controle e de gerenciamento.

A UNI Tipo 1 possibilita aos dispositivos Ethernet existentes (switches, roteadores, estações de trabalho, etc..) que atuam como CEs, tornarem-se imediatamente habilitados a operar com esse tipo de UNI sem qualquer necessidade de *upgrades* de hardware ou de software.

A UNI Tipo 1 (UNI-C e UNI-N) deve suportar, no mínimo, os seguintes IEEE 802.3 *Ethernet PHYs*:

- 10BASE-T no modo full-duplex;

- 100BASE-T, inclusive 100BASE-TX e 100BASE-FX, no modo full-duplex;
- 1000BASE-X, inclusive 1000BASE-SX, 1000BASE-LX e 1000BASE-T, no modo full-duplex;
- 10GBASE-SR, 10GBASE-LX4, 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-SW, 10GBASE-LW e 10GBASE-EW, no modo full-duplex.

A UNI-C Tipo 1 deve suportar a transmissão e a recepção de quadros Ethernet *untagged*, e poderia também suportar quadros Ethernet *priority-tagged* e/ou *VLAN-tagged*.

A UNI-N Tipo 1 deve suportar a transmissão e a recepção de todos esses tipos de quadros de serviço.

A UNI Tipo 1 é dividida em duas categorias, que são a UNI Tipo 1.1 e a UNI Tipo 1.2.

### 3.2.2.1-ETH UNI Tipo 1.1

A UNI Tipo 1.1 não suporta o atributo de serviço *Service Multiplexing* (multiplexação de serviços), sendo aplicável para o atendimento de serviços tais como o EPL (*Ethernet Private Line*).

A definição da UNI Tipo 1.1 cobre os seguintes aspectos:

- CE-VLAN ID: A UNI-N deve ser capaz de aceitar e de não descartar quadros recebidos com qualquer CE-VLAN ID da UNI C;
- Mapa CE-VLAN ID/EVC: A UNI-N deve ser capaz de suportar uma única EVC e mapear todos os CE VLAN-IDs na mesma EVC ou não mapear qualquer CE VLAN ID em qualquer EVC;
- Gerenciamento de tráfego: Define a granularidade da vazão de tráfego para a UNI-C e a UNI-N;
- Processamento de controle de camada 2: Especifica a passagem de quadros de serviço L2CP da UNI-N para a EVC e o descarte dos quadros 802.3x PAUSE;
- Tipo de EVC: A UNI-N deve ser capaz de suportar EVCs ponto a ponto;
- Processamento de CE-VLAN ID: A UNI-N deve ser capaz de suportar preservação de CE-VLAN ID;
- Preservação de CE-VLAN CoS: A UNI-N deve ser capaz de suportar preservação de CE-VLAN CoS;
- Entrega de quadros de serviço: A UNI-N deve ser capaz de suportar o tunelamento incondicional dos quadros de serviço Unicast, Multicast e Broadcast, com exceção dos quadros 802.3x PAUSE incondicionalmente.

Com respeito a processamento de controle de camada 2 (*L2 Control Processing*), a UNI-N Tipo 1.1 deve ser capaz de dar passagem aos quadros de serviço referentes aos seguintes protocolos de controle de camada 2 para a EVC:

- STP (*Spanning Tree Protocol*);

- RSTP (*Rapid Spanning Tree Protocol*);
- MSTP (*Multiple Spanning Tree Protocol*);
- Todo o *LANs Bridge Management Group Block of Protocol*;
- MRP (*Multiple Registration Protocol*), definido no padrão IEEE 802.1Q-2014.

A família de protocolos MRP tornou obsoleta e substituiu a família de protocolos GARP (*Generic Attribute Registration Protocol*) ainda citada no padrão MEF 13.

Por outro lado, observa-se que a UNI-N Tipo 1.1 deveria preferencialmente ser capaz de dar passagem aos quadros de serviço referentes aos seguintes protocolos de controle de camada 2 para a EVC:

- LACP (*Link Aggregation Control Protocol*);
- *Marker Protocol* (IEEE 802.1AX);
- *Authentication* (IEEE 802.1x).

A UNI-N Tipo 1.1 deveria ser capaz de descartar os quadros 802.3x PAUSE.

### 3.2.2.2-ETH UNI Tipo 1.2

A UNI Tipo 1.2 foi especificada no padrão MEF 13 com o objetivo de suportar Multiplexação de Serviços (*Service Multiplexing*), sendo aplicável para o atendimento de serviços tais como o EVPL (*Ethernet Virtual Private Line*).

A definição da UNI Tipo 1.2 cobre os aspectos englobados pela definição da UNI Tipo 1.1, acrescidos dos aspectos Multiplexação de Serviços e Agrupamento (*Bundling*). Observa-se que as condições relativas aos aspectos de processamento de CE-VLAN ID e de preservação de CE-VLAN CoS foram mantidas como na UNI Tipo 1.1.

São cobertos pela definição da UNI Tipo 1.2 os seguintes aspectos:

- Multiplexação de Serviços: A UNI-N deve ser capaz de suportar Multiplexação de Serviços conforme definição no padrão MEF 10.3 e deve ser capaz de suportar um número mínimo de EVCs conforme a velocidade da interface: 8 para 10/100 Mbit/s, 64 para 1 Gbit/s e 512 para 10 Gbit/s;
- CE-VLAN ID: A UNI-N deve suportar uma quantidade mínima de CE-VLAN IDs conforme a velocidade da interface, sendo 8 para 10/100 Mbit/s, 64 para 1 Gbit/s e 512 para 10 Gbit/s;
- Mapa CE-VLAN ID/EVC: A UNI-N deve possuir uma tabela configurável de associações CE-VLAN ID/EVC e descartar os quadros que não possuem associação na tabela;
- Agrupamento: A UNI-N deve ser capaz de suportar o atributo de serviço Agrupamento Todos em Um (*All-to-One Bundling*);

- Gerenciamento de tráfego: Define a granularidade da vazão de tráfego para a UNI-C e a UNI-N, sendo que a UNI-N deve ser capaz de suportar o perfil de largura de banda por EVC;
- Processamento de controle de camada 2: Especifica a passagem de certos quadros de serviço L2CP da UNI N para a EVC, sendo também utilizado para a realização de *peering* de certos quadros de serviço L2CP e para descartar e não gerar quadros 802.3x PAUSE;
- Tipo de EVC: A UNI-N deve suportar EVCs ponto a ponto e multiponto simultaneamente;
- Processamento de CE-VLAN ID: A UNI-N deve suportar preservação de CE-VLAN ID;
- Preservação de CE-VLAN CoS: A UNI-N deve suportar preservação de CE-VLAN CoS;
- Entrega de quadro de serviço: A UNI-N deve suportar o tunelamento incondicional dos quadros de serviço Unicast, sendo que para os quadros Multicast e Broadcast aplicam-se algumas exceções para quadros de serviço L2CP. Os quadros IEEE 802.1x PAUSE deveriam ser descartados e deveriam não ser gerados pela UNI-N Tipo 1.2.

Com respeito a processamento de controle de camada 2 (*L2 Control Processing*), algumas considerações específicas devem ser levadas em consideração.

Primeiramente, a UNI-N Tipo 1.2 deveria ser capaz de descartar quadros de serviço referentes aos seguintes protocolos de controle de camada 2:

- STP (*Spanning Tree Protocol*);
- RSTP (*Rapid Spanning Tree Protocol*);
- MSTP (*Multiple Spanning Tree Protocol*);
- Todo o *LANs Bridge Management Group Block of Protocol*;
- MRP (*Multiple Registration Protocol*);
- LACP (*Link Aggregation Control Protocol*);
- *Marker Protocol (IEEE 802.1AX)*;
- *Authentication (IEEE 802.1x)*;
- IEEE 802.3x PAUSE.

A UNI-N Tipo 1.2 não deveria gerar quadros IEEE 802.3x PAUSE.

Finalmente, a UNI-N Tipo 1.2 deveria ser configurável para realizar *peering* dos seguintes protocolos L2CP:

- LACP (*Link Aggregation Control Protocol*);
- *Marker Protocol(IEEE 802.1AX)*;
- *Authentication (IEEE 802.1x)*.

### 3.2.3-Padrão MEF 20 (ETH UNI Tipo 2)

O modelo de operação da UNI Tipo 2, definido no IA (*Implementation Agreement*) correspondente ao padrão MEF 20, representa uma evolução relativamente à UNI Tipo 1, e apresenta compatibilidade retroativa com esse tipo de UNI.

#### 3.2.3.1-Características Gerais da UNI Tipo 2

Em linhas gerais, o modelo de operação da UNI Tipo 2 caracteriza-se pelas seguintes funções.

- Possibilitar a obtenção automatizada pela UNI-C de informações relativas ao estado e à configuração de EVCs, incluindo os respectivos atributos de serviço, junto à UNI-N via E-LMI (padrão MEF 16);
- Possibilitar aos provedores de serviço verificar e diagnosticar a conectividade da UNI via OAM de Link (padrão IEEE 802.3 cláusula 57);
- Possibilitar aos usuários e aos provedores de serviço verificar e diagnosticar a conectividade fim a fim via OAM de Serviço (recomendação ITU-T Y.1731 e padrão IEEE 802.1ag);
- Possibilitar a proteção da UNI contra falhas de porta via protocolo *Link Aggregation* (padrão IEEE 802.3 cláusula 43);
- Introduzir facilidades aprimoradas nos atributos de serviço de UNI não suportadas na UNI Tipo 1;
- Introduzir novas facilidades no processamento de quadros de serviço L2CP.

Uma UNI tipo 2 possibilita a criação de uma estrutura para o provisionamento dinâmico de serviços.

O padrão MEF 20 especifica as características e a operação da UNI de forma tal que a UNI-C Tipo 2 possa ser automaticamente configurada pela UNI-N Tipo 2, o que possibilita a verificação do cumprimento do SLA (*Service Level Agreement*) no referente à conectividade. Adicionalmente, inclui suporte para aplicação de *Ethernet OAM* na UNI.

Uma UNI Tipo 2 divide-se em duas categorias, que são a UNI Tipo 2.1 e a UNI Tipo 2.2.

Uma UNI-N Tipo 2 deve suportar todos os requisitos obrigatórios das UNI-N Tipo 1.1 e UNI-N Tipo 1.2, à exceção dos requisitos obrigatórios definidos na Seção 5.1 do padrão MEF 13.

A Seção 5.1 do padrão MEF 13 contém PHYs das UNI Tipo 1.1 e UNI Tipo 1.2, que se resumem em um subconjunto das PHYs das UNI Tipo 2.1 e UNI Tipo 2.2 definidas no item 12 do padrão MEF 20.

Uma UNI-N Tipo 2 deveria suportar todos os requisitos opcionais das UNI-N Tipo 1.1 e UNI-N Tipo 1.2.

Uma UNI-C Tipo 2 deve suportar todos os requisitos obrigatórios das UNI-C Tipo 1.1 e UNI-C Tipo 1.2, à exceção dos requisitos obrigatórios definidos na Seção 5.1 do padrão MEF 13.

Uma UNI-C Tipo 2 deveria suportar todos os requisitos opcionais das UNI-C Tipo 1.1 e UNI-C Tipo 1.2.

### 3.2.3.2 Funcionalidades Suportadas

Uma UNI-N Tipo 2.1 e uma UNI-C Tipo 2.1 devem suportar as seguintes funcionalidades:

- OAM de Serviço;
- Atributos de serviço aprimorados (*enhanced*) na UNI;
- Processamento de quadros de serviço L2CP.

Uma UNI-N Tipo 2.1 e uma UNI-C Tipo 2.1, por outro lado, podem suportar as seguintes funcionalidades:

- E-LMI;
- OAM de Link;
- Proteção.

Uma UNI-N Tipo 2.2 e uma UNI-C Tipo 2.2 devem suportar todas as funcionalidades acima definidas para a UNI-N Tipo 2.1 e UNI-C Tipo 2.1.

Uma UNI-N Tipo 2 deve ser capaz de interoperar com qualquer das funcionalidades acima que estejam plenamente implementadas na UNI-C.

Uma UNI-C Tipo 2 deve ser capaz de interoperar com qualquer das funcionalidades acima que estejam plenamente implementadas na UNI-N.

### 3.2.3.3- Descobrimto e Configuração

Precedendo a especificação das funcionalidades acima relacionadas, é necessária a abordagem das seguintes condições relativas a Descobrimto e a Configuração na UNI Tipo 2:

- Uma UNI-N Tipo 2 que suporta E-LMI deve utilizar os procedimentos apresentados na seção 5.6.11.2 do padrão MEF 16 para determinar se a E-LMI está ou não operacional na UNI-C correspondente;
- Uma UNI C Tipo 2 que suporta E-LMI deve utilizar os procedimentos apresentados na seção 5.6.11.1 do padrão MEF 16 para determinar se a E-LMI está ou não operacional na UNI-N correspondente;
- Uma UNI-N Tipo 2 que suporta OAM de Link deve utilizar os procedimentos apresentados na cláusula 57.3.2.1 do padrão IEEE 802.3 para determinar se a UNI-C correspondente suporta OAM de Link;
- Uma UNI-C Tipo 2 que suporta OAM de Link deve utilizar os procedimentos apresentados na cláusula 57.3.2.1 do padrão IEEE 802.3 para determinar se a UNI-N correspondente suporta OAM de Link;

- Uma UNI-N Tipo 2 que suporta Agregação de Links deve utilizar o LACP (*Link Aggregation Control Protocol*) definido no item 43.3 do padrão IEEE 802.3 para concordar com a UNI-C correspondente quanto ao LAG (*Link Aggregation Group*) a ser utilizado;
- Uma UNI-C Tipo 2 que suporta Agregação de Links deve utilizar o LACP para concordar com a UNI-N correspondente quanto ao LAG a ser utilizado;
- Uma UNI-C Tipo 2 deve ser administrativamente configurável com:
  - O UNI-N MEP ID (*UNI-N MEG End Point ID*) e o *MEG-Level* (*Maintenance Entity Group Level*) correspondente ao UNI-MEG;
  - O *MEG-Level* para o *Test-MEG*.

#### 3.2.3.4- Ethernet Local Management Interface (E-LMI)

A E-LMI permite à UNI-C obter informações de estado e de serviço da UNI-N.

O suporte à E-LMI pela UNI Tipo 2 foi especificado no item 9 do padrão MEF 20. Esse suporte é obrigatório para a UNI Tipo 2.2 e opcional para a UNI Tipo 2.1.

Os requisitos aplicáveis à E-LMI são os seguintes:

- Uma UNI-N Tipo 2.1 que suporta E-LMI e uma UNI-N Tipo 2.2 devem suportar todos os aspectos operacionais obrigatórios da E-LMI para a UNI-N especificados no padrão MEF 16;
- Uma UNI-N Tipo 2.1 que suporta E-LMI e uma UNI-N Tipo 2.2 deveriam suportar todos os aspectos operacionais opcionais da E-LMI para a UNI N especificados no padrão MEF 16;
- Uma UNI-C Tipo 2.1 que suporta E-LMI e uma UNI-C Tipo 2.2 comportam-se, respectivamente, de maneira análoga à UNI-N Tipo 2.1 que suporta E-LMI e à UNI-N Tipo 2.2 com relação aos aspectos obrigatórios e aos aspectos opcionais da E-LMI para a UNI-C especificados no padrão MEF 16.

#### 3.2.3.5- OAM de Link

OAM de Link baseia-se na cláusula 57 do padrão IEEE 803.3, e objetiva monitorar a operação e o estado da camada física e tornar mais eficaz o isolamento de falhas. Os quadros de OAM de Link cursam entre a UNI-N e a UNI-C.

A especificação dos aspectos relativos à utilização de OAM de Link na UNI Tipo 2 encontra-se no item 10.1 do padrão MEF 20. OAM de Link é obrigatório para a UNI Tipo 2.2 e opcional para a UNI Tipo 2.1.

A funcionalidade de OAM de Link permite ao usuário e ao provedor de serviço monitorar e diagnosticar a conectividade na UNI via OAM de Link(em nível de link).

Os requisitos para esse suporte estão relacionados a seguir:

- Para cada link físico na UNI, uma UNI-N Tipo 2.1 que suporta OAM de Linke uma UNI Tipo 2.2 devem suportar os recursos do modo DTE ativo;
- Para cada link físico na UNI, uma UNI-C Tipo 2.1 que suporta OAM de Linke uma UNI Tipo 2.2:
  - Devem suportar os recursos do modo DTE Passivo;
  - Podem suportar os recursos do modo DTE Ativo;
- Para cada link físico na UNI, uma UNI-N Tipo 2.1 que suporta OAM de Link e uma UNI Tipo 2.2 deveriam suportar a operação OAM unidirecional quando se trata de uma das camadas físicas da UNI 100BASE-X, 1000BASE-X (excluindo 1000BASE-PX--D e 1000BASE-PX-U), 10GBASE-R, 10GBASE-W e 10GBASE-X;
- Para cada link físico na UNI, uma UNI-N Tipo 2.1 e uma UNI-C Tipo 2.1 que suportam OAM de Link e uma UNI Tipo 2.2 devem ser capazes de desativar a geração de quadros IEEE 802.3x (PAUSE) para possibilitar a operação OAM de Link de modo apropriado na UNI.

### 3.2.3.6 - OAM de Serviço (SOAM)

O suporte a OAM de Serviço (SOAM), definido no item 10.2 do padrão MEF 17 e obrigatório para as UNI Tipo 2.1 e UNI Tipo 2.2, foi especificado para ser um conjunto útil, embora mínimo, de recursos baseados na Recomendação ITU-T Y.1731 e no padrão IEEE 802.1Q-2014. Esse suporte focaliza a gerência de falhas para os MEGs que atravessam a UNI para todos os serviços.

A facilidade OAM de Serviço permite ao usuário e ao provedor de serviços monitorar e diagnosticar a conectividade na UNI via OAM de Serviço (fim a fim).

Uma UNI Tipo 2 pode abranger um ou múltiplos links Ethernet.

OAM de Serviço ocorre em diferentes níveis de MEG. No caso da UNI Tipo 2, existem três tipos de MEG funcionalmente equivalentes entre si mas definidos em diferentes níveis de MEG. Esses tipos estão relacionados a seguir:

- UNI-MEG, que se aplica entre uma UNI-N e uma UNI-C de uma UNI, onde o MEG é sempre ponto a ponto;
- Test-MEG, que se aplica entre duas ou mais UNI-C e é definida de forma tal que o provedor de serviço possa inserir (temporária ou permanentemente) um Test-MEP em uma EVC como um ponto de teste, de onde o provedor de serviços possa testar totalmente a conectividade para qualquer UNI-C na EVC;

- Subscriber-MEG, que se aplica entre duas ou mais UNI-C, e provê monitoramento de usuário para um serviço fim a fim entre pontos de terminação de usuário.

O padrão MEF 20 apresenta os seguintes tipos de requisitos referentes a OAM de Serviço:

- Requisitos de ME (*Maintenance Entity*);
- Requisitos de MEP (*MEG End Point*);
- Requisitos de CC (*Continuity Check*);
- Requisitos de LB (*Loopback*).

Leitores interessados em aprofundar-se em OAM de Serviço podem consultar o Capítulo 9 deste livro, e os padrões aplicáveis já mencionados.

### 3.2.3.7- Proteção

O recurso *Protection*, obrigatório para a UNI Tipo 2.2 e opcional para a UNI Tipo 2.1, foi especificado no item 11 do padrão MEF 20. Esse recurso representa a habilitação para proteger a UNI contra falhas de porta através do LACP (*Link Aggregation Control Protocol*).

Os requisitos para essa funcionalidade encontram-se abaixo relacionados:

- Uma UNI-N Tipo 2.1 e uma UNI-C Tipo 2.1 que suportam OAM de Link e uma UNI-N Tipo 2.2 e uma UNI-C Tipo 2.2 devem suportar Agregação de Link;
- Uma UNI-N Tipo 2.1 e uma UNI-C Tipo 2.1 que suportam Agregação de Links e uma UNI-N tipo 2.2 e uma UNI-C Tipo 2.2 devem suportar no mínimo dois links no LAG (*Link Aggregation Group*);
- Uma UNI-N Tipo 2.1 que suporta Agregação de Links e uma UNI-N Tipo 2.2 deveriam suportar Agregação de Links envolvendo múltiplos cartões de linha, sendo que quando se trata exatamente de dois links implementados em cartões de linha, um dos links pode ser setado como Ativo enquanto o outro é setado como Standby utilizando LACP;
- Uma UNI-N e uma UNI-C Tipo 2.1 que suportam Agregação de Links e uma UNI-N e uma UNI-C Tipo 2.2 deveriam suportar o LACP, sendo que quando o LACP não é suportado pode-se utilizar outros métodos, tais como efetuar um *shutdown* da camada PHY para sinalizar mudanças no LAG;
- Uma UNI-N Tipo 2.1 que suporta Agregação de Links e LACP e uma UNI-N Tipo 2.2 que suporta LACP devem ter o parâmetro *LACP\_Activity* setado para o modo Ativo;
- Uma UNI-C Tipo 2.1 que suporta Agregação de Links e LACP e uma UNI-C Tipo 2.2 que suporta LACP devem ter o parâmetro *LACP\_Activity* setado para o modo Passivo como default.

### 3.2.3.8- Atributos Aprimorados de UNI

Dentre os Atributos Aprimorados (*Enhanced*) de UNI para a UNI Tipo 2 não suportados pela UNI Tipo 1, o item 12 do padrão MEF 20 relaciona os seguintes:

- Uma UNI-N Tipo 2 deve ser capaz de suportar Per-UNI, Per-EVC e Per-CoS ID, a função *Egress BW Profiling of CIR*, conforme especificação do padrão MEF 10.3, nas seguintes granularidades:
  - Passos  $\leq 1$  Mbit/s para velocidades de até 10 Mbit/s;
  - Passos  $\leq 5$  Mbit/s para velocidades entre 10 Mbit/s e 100 Mbit/s;
  - Passos  $\leq 50$  Mbit/s para velocidades entre 100 Mbit/s e 1 Gbit/s;
  - Passos  $\leq 500$  Mbit/s para velocidades acima de 1 Gbit/s;
- Uma UNI-N Tipo 2 e uma UNI-C Tipo 2 devem suportar um tamanho de MTU de 1522 bytes, deveriam suportar um tamanho de MTU de 2000 bytes, e podem suportar quadros jumbo de 9600 bytes;
- Uma UNI-N Tipo 2 deve ser capaz de suportar EVCs ponto a ponto e multiponto a multiponto, e deveria ser capaz de suportar EVCs multiponto com raiz;
- Uma UNI-N Tipo 2 deveria ser capaz de assumir o papel de raiz (*root*) ou de folha (*leaf*) em qualquer EVC multiponto com raiz que suporte;
- Uma UNI-N Tipo 2 deveria ser capaz de suportar, simultaneamente, o papel de raiz e folha em diferentes EVCs multiponto com raiz;
- Uma UNI-N Tipo 2 e uma UNI-C Tipo 2 devem suportar, no mínimo, uma das PHYs listados no padrão IEEE 802.3, excluindo as PHYs 1000-BASE-PX-D e 1000-BASE-PX-U, por não suportarem OAM de *link*;
- Uma UNI-N Tipo 2 e uma UNI-C Tipo 2 devem suportar *Auto-Negotiation*, nas velocidades de 10/100 Mbit/s e 10/100/1000 Mbit/s para as PHYs que suportam essa funcionalidade;
- Uma UNI-N Tipo 2 e uma UNI-C Tipo 2 devem suportar o recurso de desativar a função *Auto-Negotiation*, o que pode ser necessário no caso de operação de link unidirecional.

### 3.2.3.9- Processamento de L2CP e de OAM de Serviço (SOAM)

O item 13 do padrão MEF 20 especifica as funcionalidades suportadas pela UNI Tipo 2 relativas ao processamento de quadros de serviço L2CP e também de quadros de OAM de Serviço. Essas funcionalidades governam a passagem de quadros de serviço L2CP e de OAM de Serviço para as EVCs ou a sua filtragem.

De acordo com o padrão MEF 20, existem quatro possibilidades para o processamento de quadros de serviço L2CP e de OAM de Serviço:

- Passar para uma EVC para tunelamento;
- Efetuar *peering* na UNI;
- Efetuar *peering* e passar para uma EVC para tunelamento;

— Descartar na UNI.

O padrão MEF 20 especifica, contudo, apenas duas possibilidades, que são “passar para a EVC” ou “não passar para a EVC (filtrar)”.

“Passar para a EVC” significa que os quadros de serviço L2CP ou de OAM de Serviço podem ser tunelados ou descartados pela EVC de acordo com o tipo de serviço. “Filtrar” significa que o quadro de serviço pode ser objeto de *peering* ou descartado, também de acordo com o tipo de serviço.

Aplicam-se os seguintes requisitos:

— Uma UNI-N Tipo 2 deve “filtrar” todos os quadros de serviço L2CP com os seguintes MAC DAs multicast:

- De 01-80-C2-00-00-02 a 01-80-C2-00-00-0A;
- 01-80-C2-00-00-0D;
- 01-80-C2-00-00-0E;

— Uma UNI-N Tipo 2 deveria “filtrar” os quadros PAUSE com o seguinte MAC DA multicast:

- 01-80-C2-00-00-01;

— Uma UNI-N Tipo 2 deve ser capacitada para ser configurada para “passar para a EVC” ou para “filtrar” todos os quadros de serviço L2CP e OAM de Serviço com os seguintes MAC DAs multicast:

- 01-80-C2-00-00-00;
- 01-80-C2-00-00-0B;
- 01-80-C2-00-00-0C;
- 01-80-C2-00-00-0F;
- 01-80-C2-00-00-20 to 01-80-C2-00-00-2F;
- 01-80-C2-00-00-30 to 01-80-C2-00-00-3F.

### **3.3-ENNI (EXTERNAL NETWORK NETWORK INTERFACE)**

O padrão MEF 26.2 (*External Network Network Interface (ENNI) and Operator Service Attributes*) especifica a ETH ENNI, ou simplesmente ENNI. A ENNI tem como objetivo proporcionar conectividade entre CENs (*Carrier Ethernet Networks*) de diferentes operadores de rede de forma padronizada.

A ENNI foi abordada, sob diferentes pontos de vista, em diferentes padrões MEF, dentre os quais destacam-se o padrão MEF 12.2 (*Carrier Ethernet Network Architecture Framework Part 2: Ethernet Services Layer*), MEF 26.2 (*External Network Network Interface (ENNI) and Operator Service Attributes*) e MEF 28 (*External Network Network Interface – ENNI Support for UNI Tunnel Access and Virtual UNI*).

O ATS (*Abstract Test Suite*) para a implementação da ENNI foi especificado no padrão MEF 37 (*Abstract Test Suite for ENNI*).

A ENNI é a interface especificada como o ponto de demarcação entre as responsabilidades (e as funções de processamento associadas) de duas CENs interconectadas.

Uma ENNI pode representar também a interconexão entre uma CEN e uma E-WAN (*Ethernet-Aware Wide-Area Network*), também denominada WEN (*Wide-Area Ethernet Network*). Uma E-WAN é, funcionalmente, equivalente a uma CEN, mas recebe um nome diferente para denotar que uma E-WAN pode ter uma extensão maior que uma CEN típica. Nos termos do padrão MEF 26.2, as E-WANs são um caso particular de CEN, assim denominadas por serem de maior porte.

Não existe qualquer restrição quanto à rede de transporte no interior de uma CEN. Tal rede pode constituir-se de um único switch ou de uma aglomeração de redes baseadas em tecnologias diversas.

### 3.3.1- Elemento Funcional ENNI-N

O elemento funcional que suporta os protocolos e os procedimentos definidos para a ENNI é referido como ENNI-N. Existem duas ENNIs-N em uma ENNI, situadas nas duas CENs interconectadas. Uma ENNI-N é também referida como ENNI-N<sub>i</sub> (ENNI-N<sub>1</sub> e ENNI-N<sub>2</sub>).

A Figura 3.4 apresenta uma configuração evidenciando as ENNIs-N<sub>i</sub>.

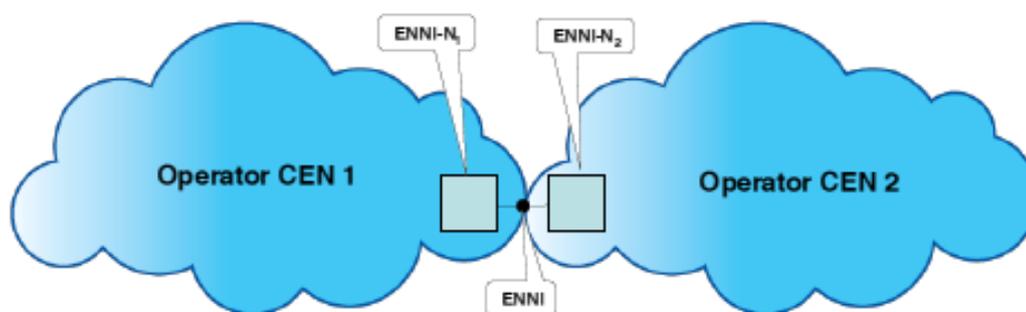


Figura 3.4- Configuração evidenciando as ENNIs-N<sub>i</sub> (MEF 26.2, Figura 8).

### 3.3.2- Aspectos Relativos à ENNI

Foram definidos os seguintes aspectos relativos à ENNI:

- Suporte a EVCs ponto a ponto, a EVCs multiponto a multiponto e a EVs multiponto com raiz, abrangendo um número arbitrário de operadores de rede;
- Quadros de ENNI (entre ENNIs-N) formatados conforme o padrão IEEE 802.1Q-2014;
- Links físicos *Gigabit Ethernet* ou *10-Gigabit Ethernet* em conformidade com o padrão IEEE 802.3;

- Perfis de vazão de tráfego levando em conta as cores na ENNI;
- Comutação *Hairpin*, onde quadros de ENNI podem ser enviados de volta para a CEN de origem através da própria ENNI de entrada, tendo o valor de S-VLAN ID alterado;
- Proteção de link baseada em Agregação de Links;
- OAM de link baseado na Cláusula 57 do padrão IEEE 802.3;
- Definição e requisitos para o tunelamento de quadros de serviço contendo um protocolo de controle de camada 2 (L2CP) em uma OVC (*Operator Virtual Connection*);
- Utilização de Especificação de Nível de Serviço (*Service Level Specification* – SLS) e definição dos requisitos associados.

### 3.3.3 -Agregação de Links em ENNIs

Uma ENNI pode ser implementada com um ou mais links físicos. Contudo, quando não existem mecanismos de proteção entre múltiplos links físicos, cada link físico passa a representar uma ENNI distinta.

Aplicam-se os seguintes requisitos:

- Quando existem dois links físicos em uma ENNI, uma ENNI-N<sub>i</sub> deve ser capaz de implementar Agregação de Links, com um LAG (*Link Aggregation Group*), através das portas suportando uma instância dessa ENNI, estando um link no modo Ativo e o outro no modo Standby;
- Quando se utiliza agregação de links na ENNI, cada ENNI-N<sub>i</sub> deve usar LACP.

Requisitos para um LAG com dois links no modo Ativo ou para um LAG com mais de dois links físicos na ENNI, poderão ser especificados em futuras versões do padrão MEF 26.2.

### 3.3.4-Suporte de OAM de Link pela ENNI

Os requisitos para OAM de Link na ENNI baseiam-se na cláusula 57 do padrão IEEE 802.3.

Para cada link físico na ENNI, uma ENNI-N deve ser capaz de suportar tanto o modo DTE Ativo quanto o modo DTE Passivo. Quando dois operadores de rede concordam em suportar OAM de Link, eles devem negociar qual dos dois DTEs será o DTE Ativo e qual será o DTE Passivo.

Quando uma ENNI-N está ativada para uso de OAM de Link, o recurso *Loopback* deveria ser desativado. A ENNI-N não deveria divulgar o recurso *Loopback* durante a fase de Descobrimto caso o recurso *Loopback* não esteja ativado.

### 3.3.5- Quadros de ENNI e Quadros de EI

Duas CENs de diferentes operadores de rede trocam quadros Ethernet entre as respectivas ENNIs-N. Tais quadros são referidos como quadros de ENNI (ENNI frames).

É importante neste ponto definir com clareza o que são quadros de serviço de ingresso e de egresso e quadros de ENNI de ingresso e de egresso.

Do ponto de vista de uma OVC, um quadro de serviço que nela entra, por uma UNI ou por uma ENNI, é um quadro de serviço de ingresso. Da mesma forma, um quadro de serviço que deixa uma OVC, em uma UNI ou uma ENNI, é um quadro de serviço de egresso.

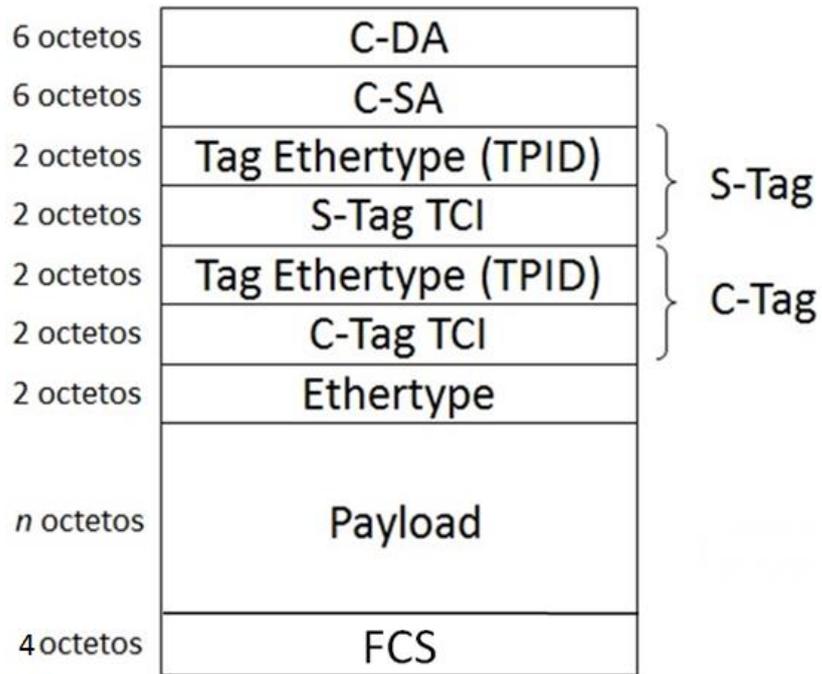
Um quadro de serviço que egressa de uma OVC e penetra em uma ENNI, passa a ser denominado quadro de ENNI de ingresso do ponto de vista dessa ENNI. Um quadro de ENNI, quando deixa a ENNI e entra em uma OVC, passa a ser denominado quadro de ENNI de egresso do ponto de vista dessa ENNI.

#### 3.3.5.1- Estrutura de Quadros de ENNI

Um quadro de ENNI é um quadro Ethernet IEEE 803.1D ou IEEE 802.1Q, que inicia então no primeiro bit do endereço MAC de destino (MAC DA) e termina no último bit do FCS (*Frame Check Sequence*).

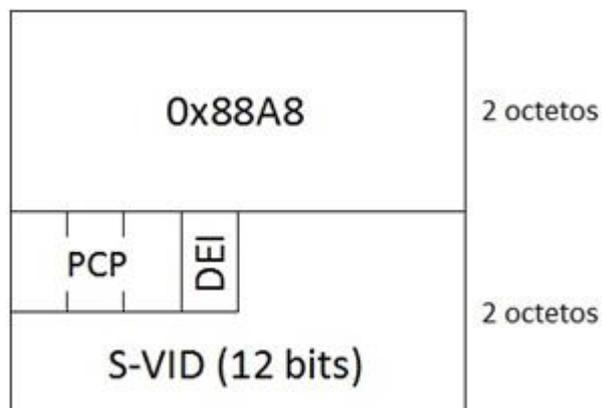
Quadros de ENNI podem conter *S-VLAN tags* (*S-tags*) adicionais, formatados conforme o padrão IEEE 802.1Q-2014 para PB (*Provider Bridging*). Esses *S-VLAN tags* são utilizadas para associar quadros a Pontos de Terminação de OVC em ENNIs e para transmitir informações de CoS.

A Figura 3.5 apresenta o formato de um quadro de ENNI *S-tagged*.



**Figura 3.5 – Formato de um quadro de ENNI (Avulso) .**

O formato do *S-tag* encontra-se representado na Figura 3.6.



**Figura 3.6 – Formato do S-tag (Avulso).**

Como se observa nessa figura, o campo *S-tag* apresenta as seguintes alterações com relação ao campo *C-tag*:

- O campo TPID, que utiliza o valor 0x8100 no *C-tag*, passa a utilizar o valor 0x88A8 no *S-tag*;
- O bit com significado CFI (*Canonical Format Indicator*) no *C-tag*, passa a significar DEI (*Drop Eligible Indicator*) no *S-tag*.

Um quadro de ENNI de ingresso com menos de 64 octetos deve ser descartado pelo operador da respectiva CEN.

### 3.3.5.2 – Tipos de Quadros de ENNI

Existem três tipos de quadros ENNI:

- Quadros de ENNI L2CP (*Layer 2 Control Protocol*);
- Quadros de ENNI de SOAM;
- Quadros de ENNI de dados.

Quadros de ENNI L2CP são quadros de ENNI que podem ser utilizados em um L2CP reconhecido. Um quadro de ENNI que contém um endereço MAC de destino listado na tabela 2 do padrão MEF 45 deve ser tratado como um quadro de ENNI L2CP.

Quadros de ENNI de SOAM são quadros de ENNI que não utilizam endereços MAC de destino listados na tabela 2 do padrão MEF 45 (o que exclui então a possibilidade de tratar-se de quadros de ENNI L2CP), e que possuem o valor *Ethertype* igual a 0X8902.

Um quadro de ENNI que não seja um quadro de ENNI L2CP nem um quadro de ENNI de SOAM, é um quadro de ENNI de dados. Tal quadro pode ser um quadro de ENNI de dados unicast, multicast ou broadcast.

### 3.3.5.3 – Formatos de Quadros de ENNI

Os quadros de ENNI, que são quadro MAC Ethernet, podem apresentar os seguintes formatos:

- Quadros de ENNI *VLAN tagged*;
- Quadros de ENNI *Priority tagged*;
- Quadros de ENNI *tagged*;
- Quadros de ENNI *untagged*;
- Quadros de ENNI *single tagged*;
- Quadros de ENNI *double tagged*.

Em um quadro de ENNI *VLAN tagged*, o campo de 2 bytes que segue o campo *Source Address* é um TPID com o valor 0X88A8, e o valor do VLAN ID correspondente é positivo.

Isso significa que um quadro de ENNI *VLAN tagged* possui um *S-VLAN tag* (*S-tag*) com o valor de S-VLAN ID positivo.

Em um quadro de ENNI *priority tagged*, o campo de 2 bytes que segue o campo *Source Address* é um TPID com o valor 0X88A8 e o valor do VLAN ID correspondente é igual a 0X000.

Isso significa que um quadro de ENNI *priority tagged* possui um *S-tag* com o valor de S-VLAN ID igual a 0X000.

Um quadro de ENNI *tagged* é um quadro de ENNI *VLAN tagged* ou um quadro de ENNI *priority tagged*.

Em um quadro de ENNI *untagged*, o campo de 2 bytes que segue o campo *Source Address* não possui o valor 0X88A8.

Isso significa que um quadro de ENNI *untagged* não possui um *S-tag*.

Em um quadro de ENNI *single tagged*, e que portanto possui um *S-tag*, o quinto byte após o campo *Source Address* não é um TPID com o valor 0X8100.

Isso significa que um quadro de ENNI *single tagged* possui um *S-tag*, mas não possui um *CE-tag*.

Em um quadro de ENNI *double tagged*, e que portanto possui um *S-tag*, o quinto byte após o campo *Source Address* é um TPID com o valor 0X8100.

Isso significa que um quadro de ENNI *double tagged* possui tanto um *S-tag* quanto um *CE-tag*.

A Figura 3.7 representa uma configuração de serviço EVPL, envolvendo três EVCs (três EVPLs) centradas na UNI a e quatro CENs (CEN A, CEN B, CEN C e CEN D), que ilustra o uso de ENNIs.

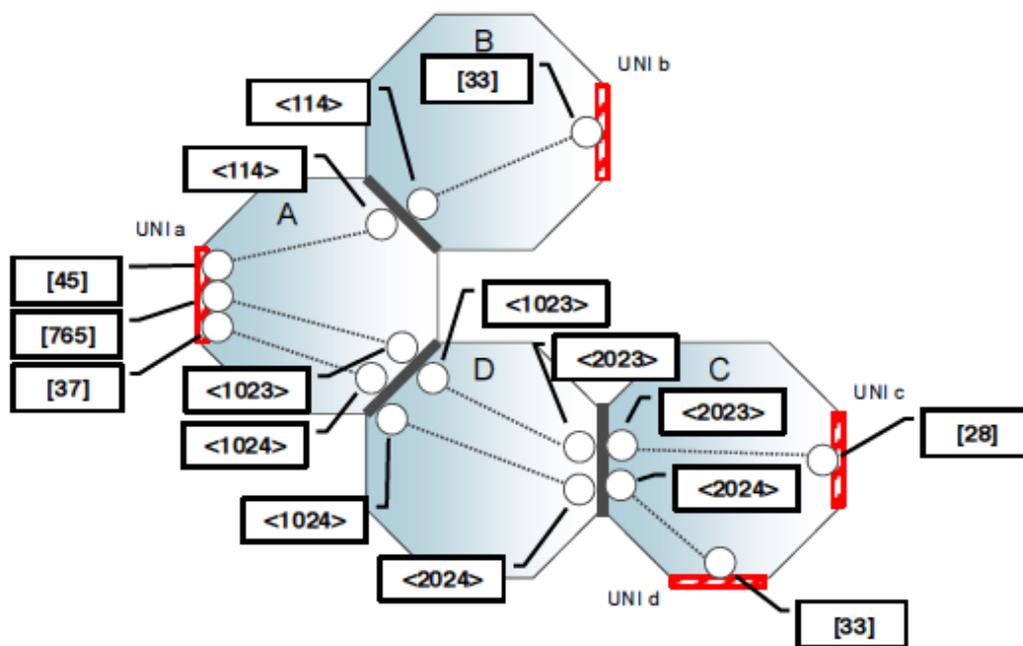


Figura 3.7- Figura ilustrativa de uso de ENNIs (MEF 26.2, Figura 47).

Observa-se que essa figura não exibe as faixas de valores, ou simplesmente os valores, de CE-VLAN ID correspondentes às três EVCs objeto da multiplexação de serviços ocorrida.

Os quadros de ENNI que atravessam as respectivas ENNIs nessa figura utilizam o formato de quadros de ENNI *VLAN tagged*. Como se observa, os S-

VLAN IDs utilizados apresentam o mesmo valor para as ENNIs-N de cada ENNI, para possibilitar a correspondência entre os Pontos de Terminação de OVC associados.

Na ENNI entre a CEN A e a CEN D (ENNI A/D), por exemplo, um quadro de serviço recebe a adição do S-VLAN ID 1023 ou do S-VLAN 1024 na respectiva ENNI-N de ingresso, independentemente do sentido desse quadro de serviço. Na ENNI-N de egresso, o quadro de ENNI será alocado ao Ponto de Terminação de OVC associado ao valor de S-VLAN ID contido nesse quadro.

Se o quadro de serviço ingressa na **UNI a** e ele possui um valor de CE-VLAN ID associado à EVC entre a **UNI a** e a **UNI c** (CE-VLAN ID 765, no caso), por hipótese, esse quadro será alocado ao Ponto de Terminação de OVC 765 na UNI a, e transmitido na CEN A. De alguma forma, a rede de transporte associa o Ponto de Terminação de OVC 765 na **UNI a** ao Ponto de Terminação de OVC 1023 na ENNI A/D do lado da CEN A.

Na ENNI-N de egresso dessa ENNI, tendo sido já identificado o Ponto de Terminação de OVC, o correspondente S-VLAN ID é retirado, tornando-se o quadro um quadro de serviço *CE-VLAN tagged* novamente, com o CE-VLAN ID 765.

Pela aplicação sucessiva desses procedimentos, o quadro de serviço atingirá o Ponto de Terminação de OVC 2023 do lado da CEN D na ENNI D/C, e atingirá finalmente o Ponto de Terminação de OVC 28 na **UNI c**, que é o seu destino na EVC.

O quadro será então transmitido, no devido formato, para a rede so usuário de destino.

A Figura 3.8 mostra a configuração da Figura 3.7 sob a ótica do usuário.

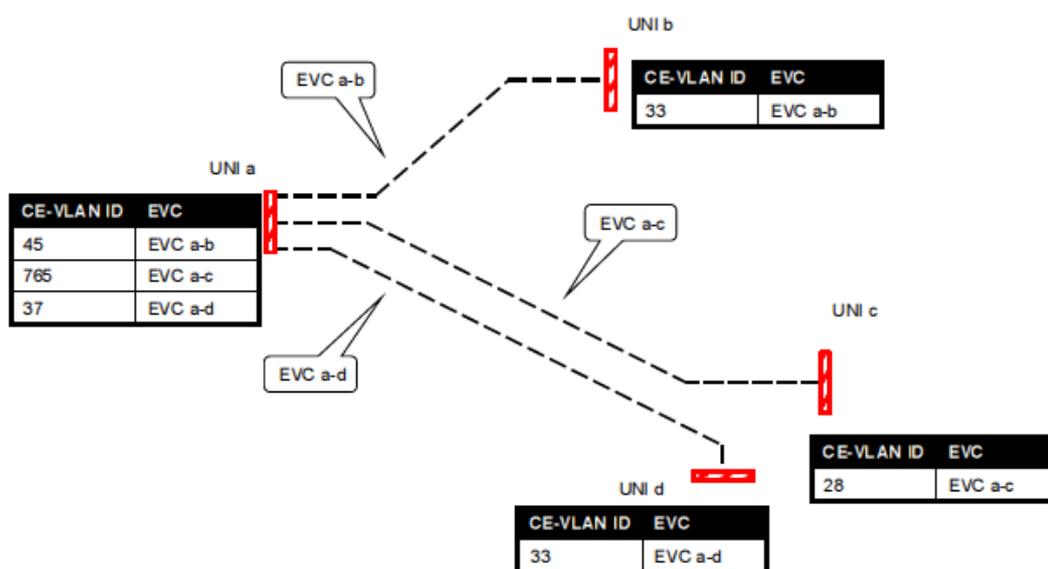


Figura 3.8- Figura anterior sob a ótica do usuário (MEF 26.2, Figura 46).

### 3.3.5.4.- OVC Agrupada (Bundled OVC)

Uma OVC que não seja multiponto com raiz e a cujos Pontos de Terminação de OVC estejam associados dois ou mais S-VLAN IDs, é referida como uma OVC Agrupada (*Bundled OVC*).

Uma OVC Agrupada pode suportar diferentes EVCs associadas a S-VLAN IDs que lhes correspondem, ou pode suportar diferentes S-VLAN IDs representando diferentes papéis (*roles*) de Pontos de Terminação de OVC como será visto adiante neste capítulo.

O uso da expressão Agrupamento em uma OVC Agrupada nada tem a ver com o atributo de serviço Agrupamento (*Bundling*) em uma UNI, onde são agrupados CE-VLANs IDs em uma EVC

Em uma OVC Agrupada, cada valor de S-VLAN ID agrupado é transportado com o seu valor imutável através da OVC.

A Figura 3.9 representa uma configuração de serviço EVPL, com três EVCs (EVPLs) e envolvendo quatro CENs, onde ocorre Agrupamento (*Bundling*) na OVC da CEN D.

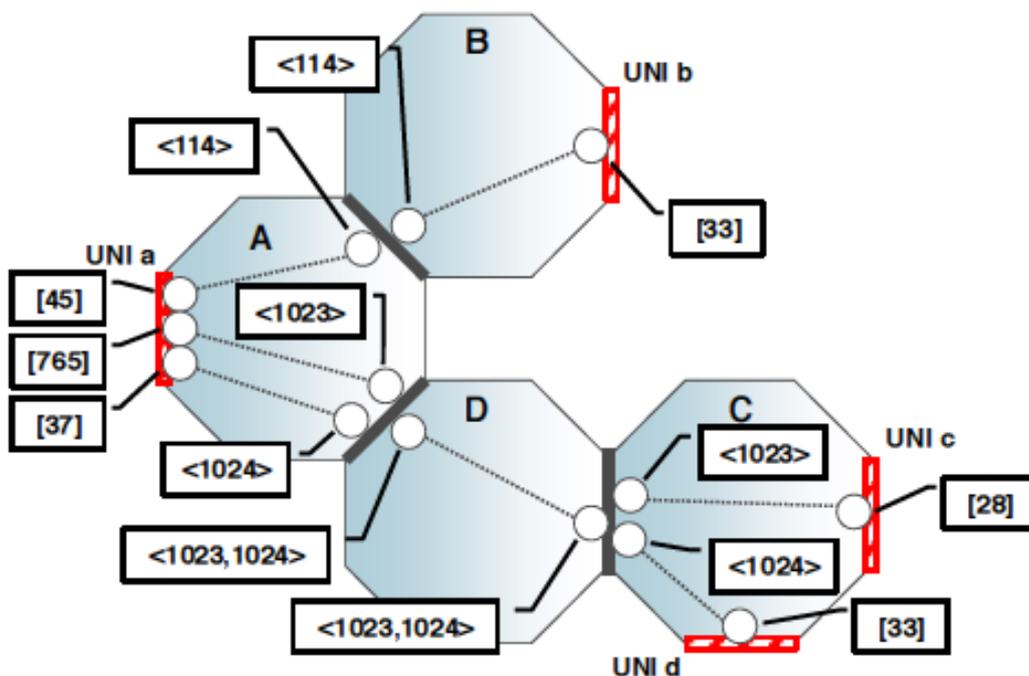


Figura 3.9 – Exemplo de rede com OVC Agrupada (MEF 26.2, Figura 53).

Observa-se que essa figura corresponde à Figura 3.7 anterior, sendo que nessa figura, diferentemente, ocorre Agrupamento de S-VLAN IDs na OVC da CEN D. Essa OVC transporta as duas EVCs entre a CEN A e a CEN C através da CEN D.

Obteve-se, assim, uma forma mais eficiente de uso da rede pela utilização de apenas dois Pontos de Terminação de OVC e uma só OVC na CEN D, além de se utilizar apenas uma instância da rede de transporte para as duas EVCs que atravessam a CEN D.

Para que isso seja possível, entretanto, tornou-se necessária a transmissão dos S-VLAN IDs 1023 e 1024, imutáveis, através da CEN D, para permitir a identificação de cada uma das EVCs, uma vez que o uso da rede de transporte com essa finalidade tornou-se inviável devido ao uso da OVC Agrupada.

#### **3.3.5.5. – Quadros de EI**

A expressão quadros de EI torna-se necessária para a referência única tanto para quadros de serviço (ou seja, quadros de UNI) quanto para quadros de ENNI.

Assim, um quadro de EI de qualquer tipo é um quadro de serviço ou um quadro de ENNI do tipo em questão. Um quadro de EI L2CP, por exemplo, é um quadro de serviço L2CP ou um quadro de ENNI L2CP.

### **3.4-PONTOS DE TERMINAÇÃO DE OVC**

OVCs (*Operator Virtual Connections*) e Pontos de Terminação de OVC (*OVC End Points*) foram especificados no padrão MEF 26.2.

Uma OVC é um bloco construtivo de uma EVC que envolve um determinado operador de CEN.

Da mesma forma que uma EVC define uma associação entre UNIs, uma OVC define uma associação entre Pontos de Terminação de OVC.

Um Ponto de Terminação de OVC encontra-se sempre associado a uma UNI ou a uma ENNI. Uma OVC tem pelo menos um de seus Pontos de Terminação de OVC associado a uma ENNI.

Em uma dada UNI, uma OVC pode associar apenas um Ponto de Terminação de OVC, enquanto que em uma dada ENNI uma OVC pode associar mais de um Ponto de Terminação de OVC.

Quando uma EVC associa UNIs situadas em duas ou mais CENs de diferentes operadores de rede (EVC multi-CEN), essa EVC é realizada pela concatenação de OVCs.

As OVCs, assim como as EVCs, podem ser ponto a ponto, multiponto a multiponto ou multiponto com raiz, o que será aprofundado adiante neste item.

#### **3.4.1-Papéis de Pontos de Terminação de OVC**

Um Ponto de Terminação de OVC tem um dos seguintes três papéis (*roles*):

- Raiz (*Root*);
- Folha (*Leaf*);

— Tronco (*Trunk*).

Aplicam-se os seguintes requisitos para esses papéis:

- O papel de um Ponto de Terminação de OVC em uma UNI pode ter o valor Raiz ou o valor Folha, sendo essa UNI referida, respectivamente, como UNI Raiz e UNI Folha;
- O papel de um Ponto de Terminação de OVC em uma ENNI pode ser Raiz, Tronco ou Folha;
- Em EVCs ponto a ponto e multiponto a multiponto, todos os Pontos de Terminação de OVC têm o papel Raiz;
- Em EVCs multiponto com raiz, os Pontos de Terminação de OVC podem ter o papel Raiz, Folha ou Tronco, sendo que os Pontos de Terminação de OVC Tronco só podem se localizar nas ENNIs-N de uma ENNI;
- Um quadro de serviço que ingressa em uma EVC multiponto com raiz por uma UNI Raiz, egressa dessa EVC independentemente do papel da UNI de egresso;
- Um quadro de serviço que ingressa em uma EVC multiponto com raiz por uma UNI Folha, somente deve egressar dessa EVC por uma ou mais UNIs Raiz, não podendo egressar, portanto, por qualquer outra UNI Folha.

#### 3.4.1.1-Pontos de Terminação de OVC Tronco

Quando o papel de um Ponto de Terminação de OVC em uma ENNI-N é Tronco, o Mapa de Ponto de Terminação de OVC respectivo utiliza dois valores de S-VLAN ID que são mapeados nesse ponto de terminação. Um é o valor do S-VLAN ID Raiz e o outro é o valor do S-VLAN ID Folha.

Como será visto adiante neste capítulo, o Mapa de Ponto de Terminação de OVC, neste caso, utiliza o formato **T** ( **T** de Tronco), com a representação {**r** , **l** }, sendo **r** o S-VLAN ID Raiz e o **l** o S-VLAN ID Folha (*Leaf*).

Um Ponto de Terminação de OVC Tronco em uma ENNI-N representa, na realidade, a junção, para fins de simplificação, de um Ponto de Terminação de OVC Raiz, associado ao S-VLAN ID Raiz e referido como Tronco (S-VID Raiz), com um Ponto de Terminação de OVC Folha, associado ao S-VLAN ID Folha e referido como Tronco (S-VID Folha).

De acordo com a R38 do padrão MEF 26.2, se um quadro de EI de egresso é mapeado em um Ponto de Terminação de OVC Tronco, sendo esse quadro o resultado de um quadro de EI de ingresso que foi mapeado em um Ponto de Terminação de OVC Raiz ou que foi mapeado em um Ponto de Terminação de OVC Tronco por via do valor S-VLAN ID Raiz, então o quadro de EI de egresso **DEVE** conter o valor S-VLAN ID Raiz.

De acordo com a R39 do padrão MEF 26.2, se um quadro de EI de egresso é mapeado em um Ponto de Terminação de OVC Tronco, sendo esse quadro o resultado de um quadro de EI de ingresso que foi mapeado em um Ponto de Terminação de OVC Folha ou que foi mapeado em um Ponto de Terminação de OVC Tronco por via do valor S-VLAN ID Folha, então o quadro de EI de egresso **DEVE** conter o valor S-VLAN ID Folha.

A aplicação da R38 e da R39 do padrão MEF 26.2 poderá ser observada nos exemplos de EVC multiponto com raiz adiante neste item.

### 3.4.1.2-Medidas Impeditivas

Como um quadro de serviço que ingressa em uma EVC multiponto com raiz por uma UNI Folha não deve egressar dessa EVC por outra UNI Folha, foram definidas duas medidas preventivas para impedir o curso de tráfego de dados desnecessário em redes de usuário de egresso e em CENs de uma rede multi-CEN:

- Configurar as UNIs Folha de forma a não permitir o egresso de quadros de serviço que ingressam na EVC por uma outra UNI Folha;
- Configurar os Pontos de Terminação de OVC Raiz ( inclusive Troncos S-VID Raiz) nas ENNIs-N das ENNIs, de forma a não permitir o egresso de quadros de ENNI resultantes de quadros de serviço que ingressam na EVC por uma UNI Folha.

As medidas acima são de caráter eventualmente preventivo, uma vez que a sua aplicação pode ser desnecessária, pela possibilidade de ter havido aprendizagem de endereços MAC nas CENs em que se encontra a EVC.

Para que essas medidas se concretizem independentemente do tipo de rede de transporte utilizada, é necessário que um quadro de serviço que ingresse em uma EVC multiponto com raiz tenha o papel da UNI de ingresso identificado no próprio quadro de serviço quando do seu ingresso.

O MEF, embora tenha definido a necessidade dessa identificação, não especificou a forma para a sua concretização, talvez no pressuposto de que outras entidades o fariam.

Sobre o assunto, houve consenso entre diferentes entidades no sentido de que fossem adicionados, a um quadro de serviço, valores de *R-tag* (*Root tag*) ou de *L-tag* (*Leaf tag*) no seu ingresso, o que possibilitaria a identificação, no egresso, da UNI pela qual ocorreu esse ingresso.

A questão a definir é a de qual parâmetro seria utilizado como *R/L tag* de modo independente do tipo de rede de transporte na *TRAN-Layer*.

Uma possível solução visualizada pelo IEEE e ITU-T é a inclusão de um *VLAN tag* adicional no quadro de serviço de ingresso, com valores de VLAN ID diferenciados para uso como *R-tag* e *L-tag*. Esse *VLAN tag* adicional enveloparia o

CE-VLAN tag do quadro de serviço de ingresso, e seria retirado no egresso, após cumprir a sua função de identificação caso o quadro de serviço não tenha sido descartado.

Quando da travessia de uma ENNI, o R/L VLAN tag enveloparia o S-VLAN tag do quadro de ENNI, habilitando, dessa forma, um Ponto de Terminação de OVC Raiz ou um Tronco (S-VID Raiz) no egresso da ENNI, para isso habilitado, a descartar quadros de serviço que tenham ingressado por uma UNI Folha.

### 3.4.1.3 – Conectividade entre Pontos de Terminação de OVC

A Figura 3.10 apresenta um quadro sumário da conectividade entre Pontos de Terminação de OVC, em função dos papéis por eles desempenhados. O quadro sumariza os termos dos subitens anteriores relativos à questão.

		Papel do Ponto de Terminação de OVC de Ingresso			
		Raiz	Folha	Tronco (S-VID Folha)	Tronco (S-VID Raiz)
Papel do Ponto de Terminação de OVC de Egresso	Raiz	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Folha	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Tronco (S-VID Folha)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Tronco (S-VID Raiz)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 3.10– Conectividade entre papéis de Pontos de Terminação de OVC (MEF 26.2, Tabela 7).

As marcações nos pequenos quadrados nessa figura significam que os respectivos atributos encontram-se habilitados.

Nessa figura, o Tronco (S-VID Folha) e o Tronco (S-VID Raiz) são equivalentes, respectivamente, ao Ponto de Terminação de OVC Folha e ao Ponto de Terminação de OVC Raiz aplicáveis quando não se justifica o uso de Ponto de Terminação de OVC Tronco.

Conforme essa figura, por exemplo, um quadro de serviço que ingressa por uma UNI Folha deve somente egressar da EVC por uma UNI Raiz, e deve somente egressar de uma ENNI por um Tronco (S-VID Folha).

### 3.4.2-Exemplos de EVC Multiponto com Raiz

Serão expostos, a seguir, alguns exemplos de EVC multiponto com raiz.

Ressalva-se, nesses exemplos, a possibilidade de direcionamento para uma determinada UNI de egresso, de quadros de serviço com endereços MAC de destino unicast na hipótese da ocorrência prévia de aprendizagem desses endereços MAC na respectiva CEN.

### 3.4.2.1- Exemplo de EVC sem Pontos de Terminação de OVC Tronco.

A Figura 3.11 apresenta uma EVC multiponto com raiz envolvendo três CENs, onde não existem Pontos de Terminação de OVC Tronco.

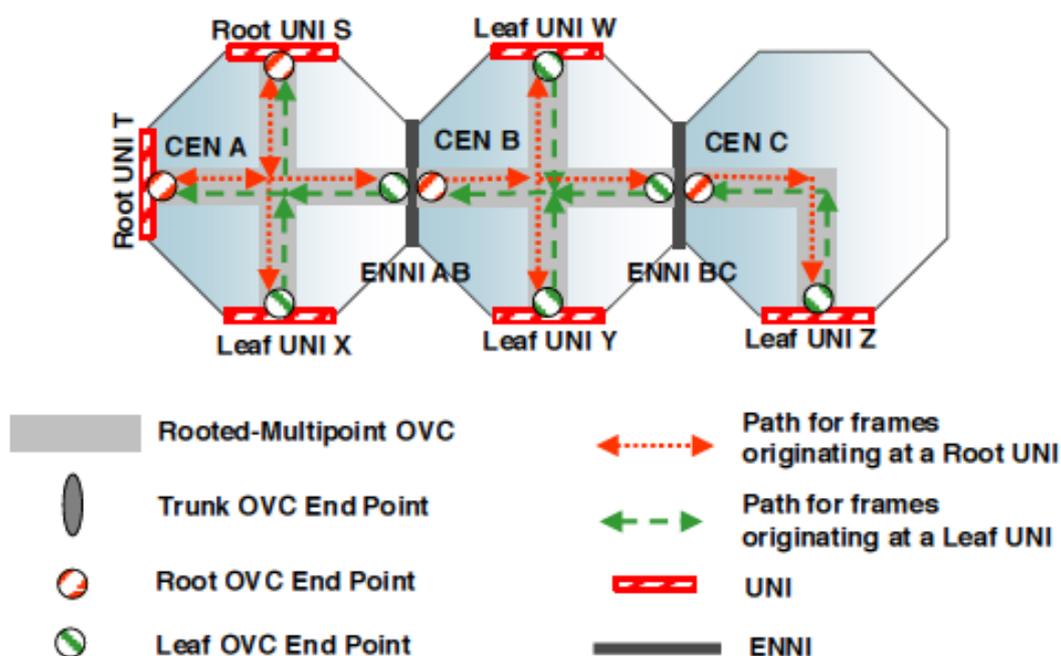


Figura 3.11 – Exemplo de EVC sem Pontos de Terminação de OVC Tronco (MEF 26.2, Figura 58).

Como se observa nessa figura, todas as UNIs Raiz da EVC encontram-se na CEN A.

Um quadro de serviço que ingressa na EVC pela *Leaf UNI X*, por exemplo, poderá egressar por uma das UNIs Raiz ou por ambas UNIs Raiz (*Root UNI S* e *Root UNI T*).

Quando esse quadro de serviço atingir a ENNI AB, ele será descartado pelo Ponto de Terminação de OVC Raiz localizado na ENNI-N do lado da CEN B, o que se justifica pelo fato de que não existem UNIs Raiz na CEN B e na CEN C.

De fato, conforme a Figura 3.10 anterior, um quadro de serviço que ingressa em uma OVC por uma UNI Folha não deve egressar por um Ponto de Terminação de OVC Raiz ou por um Tronco (S-VID Raiz) em uma ENNI.

Um quadro de serviço que ingressa na EVC pela *Leaf UNI W* ou pela *Leaf UNI Y* ingressará na CEN A, mas será descartado na ENNI BC, não ingressando,

portanto, na CEN C. Se esse quadro atingir a *Leaf UNI X*, essa própria UNI deverá descartá-lo.

Um quadro de serviço que ingressa na EVC pela *Leaf UNI Z* poderá atingir a todas as demais UNIs da EVC, cabendo às próprias UNIs Folha descartá-lo se atingidas.

Um quadro de serviço que ingressa na EVC por uma das UNIs Raiz poderá egressar por qualquer outra UNI da EVC, seja ela uma UNI Raiz ou uma UNI Folha. Para atingir as UNIs Folha na CEN B e na CEN C esse quadro ingressará nessas CENs, respectivamente, pelo Ponto de Terminação de OVC Raiz na ENNI AB (ingresso na CEN B) e pelo Ponto de Terminação de OVC Raiz na ENNI BC (ingresso na CEN C).

### 3.4.2.2- Exemplo de EVC com OVC Agrupada

A Figura 3.12 apresenta uma EVC multiponto com raiz utilizando Pontos de Terminação de OVC Tronco e com o uso de uma OVC Agrupada.

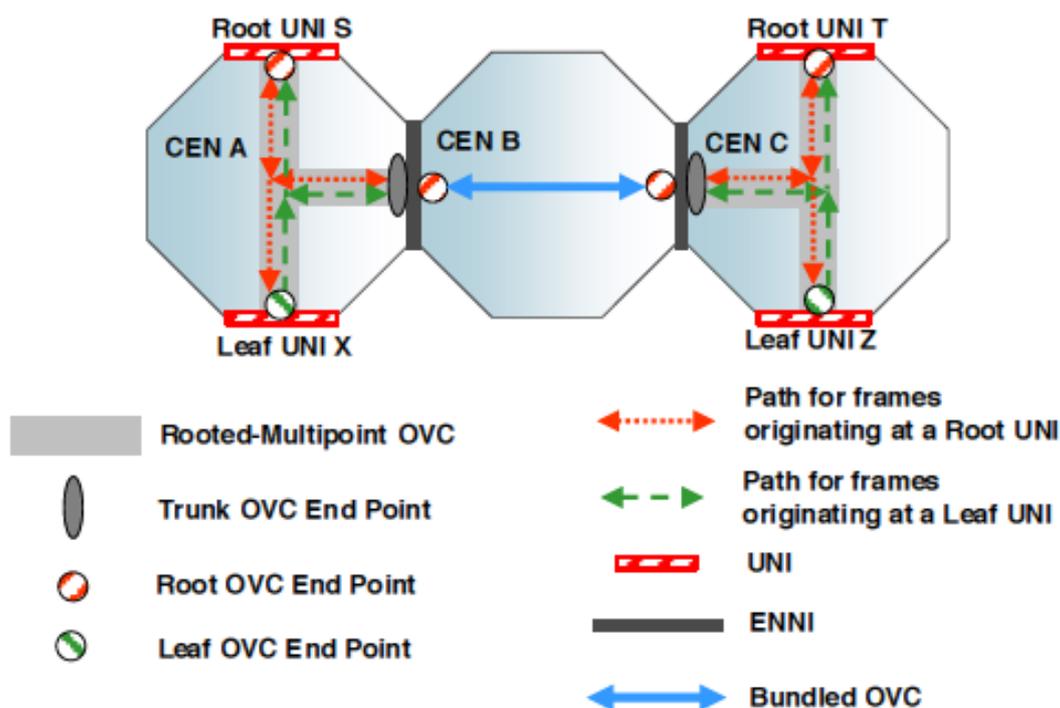


Figura 3.12- Exemplo de EVC com OVC Agrupada (MEF 26.2, Figura 60).

Observa-se nessa figura a existência de três OVCs, sendo duas delas multiponto com raiz (CEN A e CEN C) e uma ponto a ponto (CEN B).

Observa-se também nessa figura que a OVC na CEN B é uma OVC Agrupada (*Bundled OVC*).

Os dois valores de S-VLAN ID atribuídos aos Pontos de Terminação de OVC Tronco na ENNI AB e na ENNI BC, são mapeados, em cada uma dessas ENNIs, no respectivo Ponto de Terminação de OVC Raiz na CEN B. Ocorre nesse

exemplo, portanto o agrupamento dos dois valores de S-VLAN ID na OVC da CEN B.

Nesse exemplo, o operador B não necessita saber qual valor de S-VLAN ID representa quadros originados em UNIs Raiz ou em UNIs Folha. Os valores de S-VLAN-ID agrupados são simplesmente repassados pela CEN B, sem qualquer alteração, entre as duas ENNIs.

Como existem UNIs Raiz tanto na CEN A quanto na CEN C, as ENNIs não podem impedir o trânsito de quadros de serviço que ingressam por qualquer das UNIs. Isso ocorre de fato, uma vez que os Pontos de Terminação de OVC Raiz na CEN B não descartam quadros de serviço que ingressam por uma das UNIs Folha, em qualquer dos sentidos.

Assim, por exemplo, um quadro de serviço que ingressa pela *Leaf UNI X* e que seja destinado à *Root UNI T*, será mapeado no Tronco (S-VID Folha) do Ponto de Terminação de OVC Tronco na CEN A, e atingirá o Ponto de Terminação de OVC Tronco na CEN C.

Nesse Ponto de Terminação de OVC Tronco, o quadro de serviço será mapeado no Tronco (S-VID Folha), o que permitirá o seu ingresso na CEN C em conformidade com a R39 do padrão MEF 26.2.

Ingressando na CEN C, o quadro de serviço atingirá tanto a *Root UNI T*, de onde egressará para a rede do usuário, quanto a *Leaf UNI Z*.

Para que o quadro de serviço não egressasse indevidamente para a rede do usuário pela *Leaf UNI Z*, deve ser aplicado, nessa UNI, um mecanismo impeditivo conforme apresentação anterior deste item

Um outro aspecto a ser considerado diz respeito à possível ocorrência de aprendizagem de endereços MAC. Por exemplo, se um quadro de serviço com endereço MAC de destino unicast que tenha ingressado na EVC pela *Leaf UNI X* seja destinado a um endereço situado no site do usuário conectado à *Root UNI S*, e esse endereço MAC de destino tenha sido aprendido, esse quadro de serviço será direcionado para a *Root UNI S*, e não atingirá a ENNI AB.

### **3.4.2.3-Exemplo de EVC com Pontos de Terminação de OVC Tronco.**

A Figura 3.13 apresenta um exemplo de EVC multiponto com raiz utilizando quatro Pontos de Terminação de OVC Tronco em duas ENNIs, e que envolve três CENs.

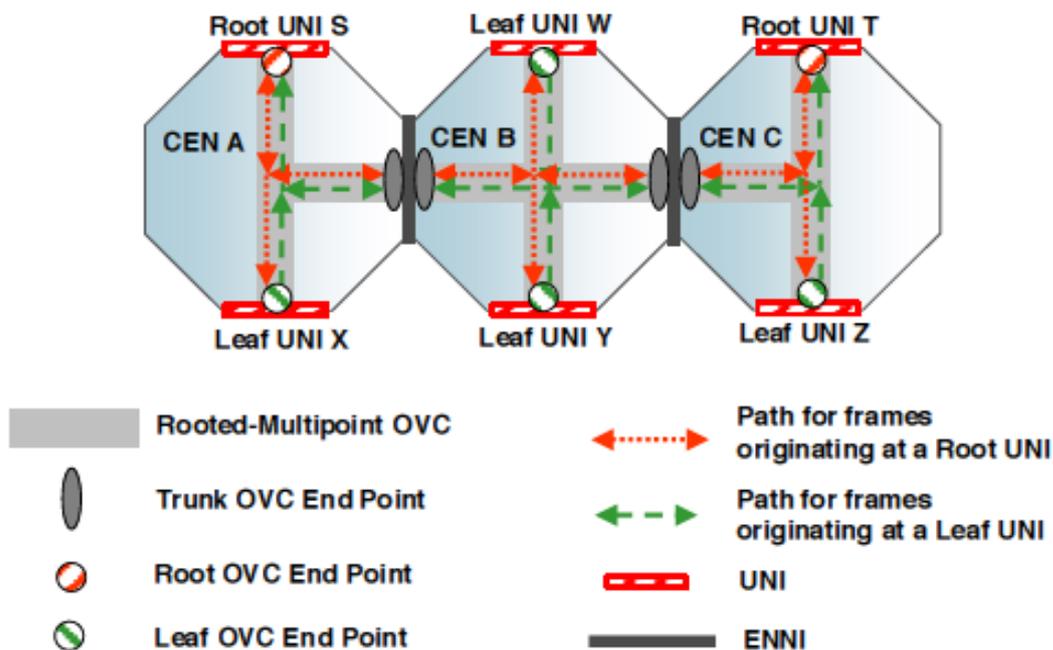


Figura 3.13 - Exemplo de EVC com Pontos de Terminação de OVC Tronco (MEF 26.2, Figura 55).

Como se observa, não existe, nessa figura, a presença de OVCs Agrupadas.

Como na CEN A e na CEN B existem UNIs Raiz, e como a CEN B é uma CEN intermediária, torna-se necessário que todos os quadros de serviço, independentemente do papel da UNI de ingresso, alcancem todas as CENs da EVC. Então, os Pontos de Terminação de OVC Tronco não devem impedir a passagem de qualquer quadro de serviço, o que de fato ocorre como mostra a Figura 3.13.

Cabe a cada UNI Folha, nessa figura, o descarte de quadros de serviço que tenham ingressado na EVC por uma outra UNI Folha e que a atinjam.

### 3.4.3-Comutação Hairpin (Hairpin Switching)

Ocorre Comutação *Hairpin* quando, em uma EVC, um quadro de ENNI que ingressou por uma ENNI-N de uma ENNI, resulta em um quadro de ENNI que egressa com um valor diferente de S-VLAN ID pela mesma ENNI N pela qual ingressou. Esse comportamento é possível quando são associados, em uma mesma ENNI N, dois ou mais Pontos de Terminação de OVC de uma mesma EVC.

A figura 3.14 apresenta um exemplo de EVC multiponto a multiponto, que associa as UNI Aa, UNI Ab e UNI B e que utiliza Comutação *Hairpin*.

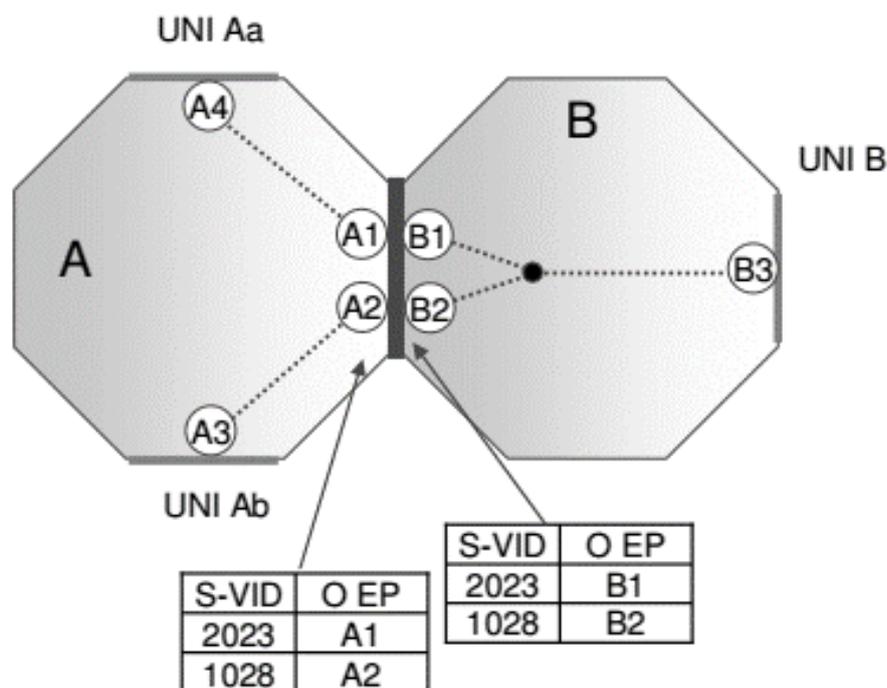


Figura 3.14 – Exemplo de EVC com comutação Hairpin (MEF 26.2, Figura 50).

Nessa figura, o operador de rede A tem duas OVCs ponto a ponto (A1/A4 e A2/A3). O operador de rede B tem uma OVC multiponto a multiponto, que associa B1, B2 e B3, sendo que B1 e B2 estão na ENNI. A1 e B1 estão associados, assim como A2 e B2.

Um quadro de serviço enviado pela UNI **Aa** para a UNI **Ab**, resulta em um quadro de ENNI de ingresso na ENNI (proveniente da CEN A) que recebe o valor 2023 de S-VLAN ID em A1 e ingressa na CEN B por B1. Por se tratar de uma EVC multiponto a multiponto, o quadro de serviço retorna e ingressa novamente na ENNI (dessa vez proveniente da CEN B), recebendo o valor de S-VLAN ID 1028 em B2. Esse quadro de ENNI ingressa então na CEN A por A2 e atinge A3, onde se situa a UNI **Ab**, que é o seu destino.

Constata-se que esse quadro passou por uma Comutação *Hairpin* na CEN B, tendo retornado à CEN A com um valor diferente de S-VLAN ID (1028) no seu trânsito de retorno à CEN A através da ENNI.

Observa-se que, caso a configuração da Figura 3.14 fosse diferente e houvesse também uma OVC multiponto a multiponto na CEN A com a participação de A1 e A2 com Comutação *Hairpin*, ficaria constituído um loop físico envolvendo A1, A2, B1 e B2. Tal configuração representaria uso impróprio da Comutação *Hairpin* devido à inevitável ocorrência de loop de tráfego na EVC.

Como um outro exemplo, a Figura 3.15 apresenta uma EVC multiponto com raiz envolvendo quatro CENs, onde se verifica Comutação *Hairpin* na CEN A e a presença de Pontos de Terminação de OVC Tronco.

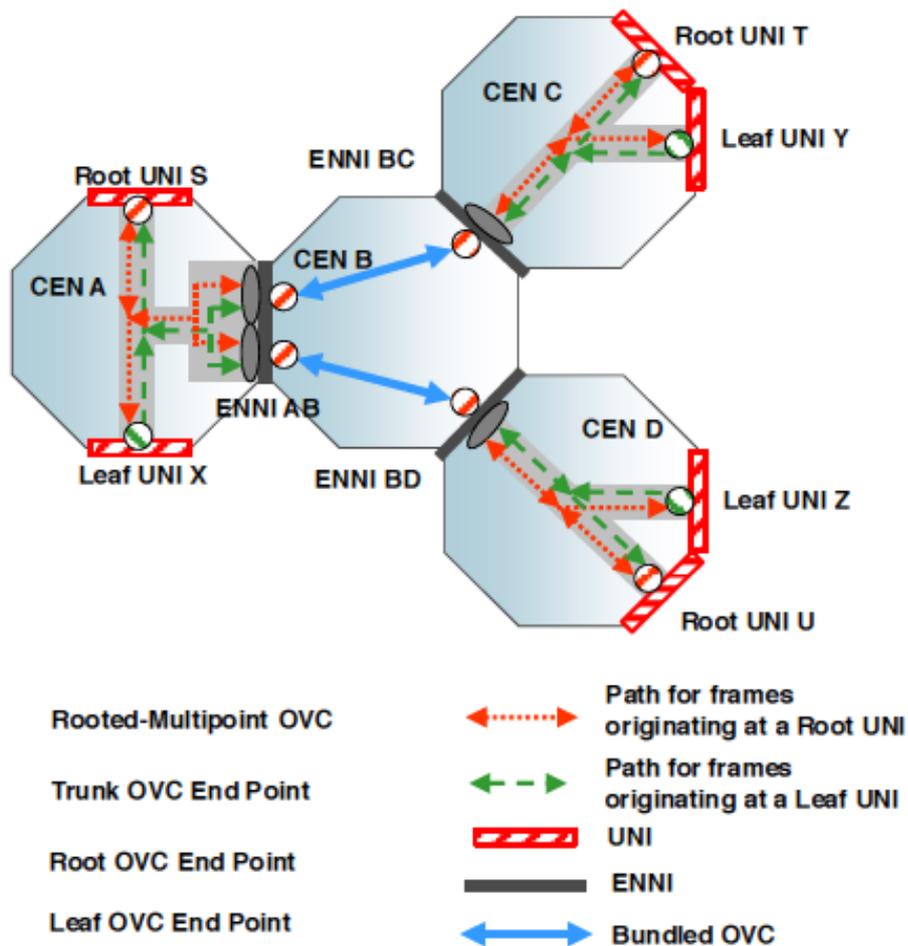


Figura 3.15 - Comutação Hairpin com Pontos de Terminação de OVC Tronco (MEF 26.2, Figura 62).

Observa-se também nessa figura a presença de duas OVCs Agrupadas na CEN B.

Nessa EVC, realiza-se a comunicação entre a CEN C e a CEN D pela utilização de Comutação *Hairpin* na CEN A, o que é necessário pelo fato de que a CEN B é incapaz de prover essa comunicação.

Um quadro de serviço que ingressa pela *Leaf UNI Y* e que é destinado a egressar pela *Root UNI U*, por exemplo, atravessa a ENNI BC pelo Tronco (S-VID Folha), atravessa a OVC Agrupada correspondente, atravessa a ENNI AB e ingressa na CEN A pelo Tronco (S-VID Folha) correspondente.

O quadro de serviço sofre então Comutação *Hairpin* na CEN A, e retorna por procedimentos similares aos dos parágrafos anteriores, atingindo assim finalmente o seu destino na EVC, que é a *Root UNI U*.

### 3.5 – MODELOS DE NID E INTERFACES ASSOCIADAS

O padrão MEF 12.2 define os modelos de NID (*Network Interface Device*), os conceitos de *transport NID* (T-NID), de *Service NID* (S-NID) e de *Hybrid NID* (H-NID). Esse padrão incorpora também o conceito de NID UNI (NUNI).

O padrão MEF 12.2 utiliza o termo NID (*Network Interface Device*) para se referir a um amplo leque de classes de elementos funcionais compostos que objetivam conectar um site de usuário a uma CEN. Um NID poderia ser implementado em um amplo dispositivo (ou processo) suportando uma multiplicidade de portas de UNI e de INNI. Outra forma usual mais simples para a realização de um NID é sob a forma de um dispositivo ou processo com duas portas.

Uma implementação de um NID como um elemento rede pode consistir de múltiplas entidades lógicas UNI / INNI independentes. Pode também conter entidades funcionais separadas associadas com as funções de gerenciamento do NID.

O ponto de referência para uma interface de NID que fazia a UNI-C é referida como NUNI (NID UNI). O elemento funcional do NID associado à NUNI é referido como NUNI-N.

A NUNI é coincidente com o correspondente Ponto de Referência da UNI. Em algumas implementações a NUNI-N pode ser efetivada como uma UNI-N, mas outras formas de implementações são possíveis.

Foram definidos os seguintes tipos de NID:

- NID de Transporte (T-NID);
- NID de Serviço (S-NID);
- NID Híbrido (H-NID).

Por fim, o padrão MEF 43 introduz o conceito de vNID e de sua funcionalidade no caso do serviço *E-Access*.

#### 3.5.1 – T-NID e S-NID

Um NID de Transporte (T-NID) é um tipo de NID que provê funções de demarcação em nível de transporte entre uma CEN e um usuário.

A expectativa é a de que um T-NID proveria comumente funções de conversão de mídia entre a UNI-C e a UNI-N. Por exemplo, um T-NID pode suprir a conversão de mídia de uma interface 100 BASE-T na UNI para uma interface Ethernet PDH na NNI.

Um NID de Serviço (S-NID) representa um tipo de NID que provê funções de demarcação em nível de serviço entre uma CEN e um usuário, em adição a funções de demarcação em nível de transporte.

A figura 3.16 apresenta o modelo de referência para o T-NID e o S-NID.

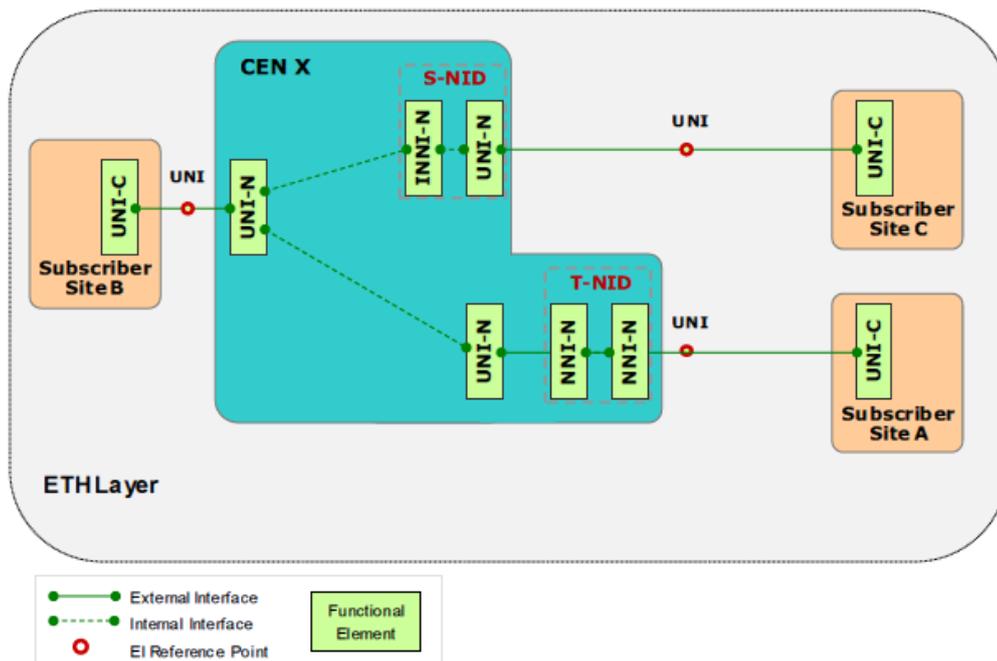


Figura 3.16 – Modelo de referência para o T-NID e o S-NID (MEF 12.2, Figura 22) .

Nessa figura, o T-NID e o S-NID representados foram objeto de implementação sob a forma de um processo com duas portas.

No caso do T-NID, as duas NNI-Ns desempenham as funções de demarcação de transporte e de conversão de mídia eventualmente necessárias. A NUNI-N coincide com a NNI-N conectada à UNI.

No caso do S-NID, que representa a forma convencional de operação de uma UNI, a NUNI-N coincide com a UNI-N.

### 3.5.2– H-NID (NID Híbrido) e vNID (Virtual NID)

O padrão MEF 12.2 refere-se ao NID Híbrido (H-NID) como sendo um vasto portfólio de elementos funcionais (FEs), que podem ser utilizados para demarcar serviços entre um provedor de serviços, um usuário e um operador de rede intermediário atuando como um provedor de acesso.

Um exemplo particular de uso de H-NID ocorre na implementação de um serviço *E-Access* com funcionalidade NID Virtual (vNID). A funcionalidade vNID é definida no padrão MEF 43 (*Virtual NID (vNID) Functionality for E-Access Services*).

Conforme menção anterior neste capítulo, existem três alternativas para que um provedor de serviço (SP) realize as funções de interfaceamento necessárias ao atendimento do usuário que se situa na extremidade remota de uma rede de acesso.

Como foi dito anteriormente neste capítulo, a entidade contratada pelo SP para o pavimento do serviço de acesso é referida como sendo um provedor de acesso (AP).

As três alternativas são as seguintes:

- Provimento das funções pelo AP;
- Provimento das funções pelo uso de um NID externo do SP;
- Provimento das funções por um vNID na rede do AP.

### 3.5.2.1- Provimento pelo AP

A figura 3.17 apresenta a alternativa em que o provimento das funcionalidades vNID se realiza pelo AP.

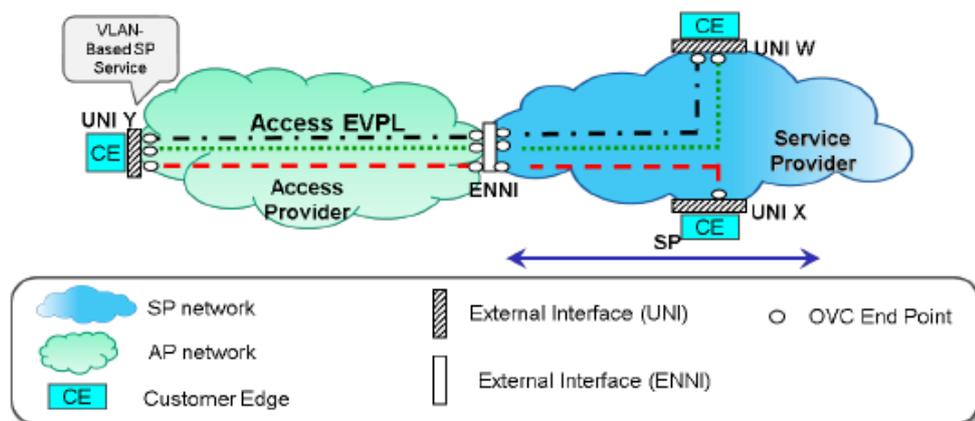


Figura 3.17 – Provimento das funções pelo AP (MEF 43, Figura 2).

Nessa solução, o AP é responsável pelo provimento das funções, podendo, com sua própria equipe, resolver com rapidez os problemas que venham a surgir. Contudo, a coordenação entre o SP e o AP torna-se crítica, uma vez que essa ordenação é necessária em diversas funções, o que pode tornar lento o atendimento ao usuário

### 3.5.2.2- Uso de NID Externo do SP

A alternativa na qual o provimento da funcionalidade vNID se realiza mediante o uso de um NID externo do SP encontra-se representada na Figura 3.18.

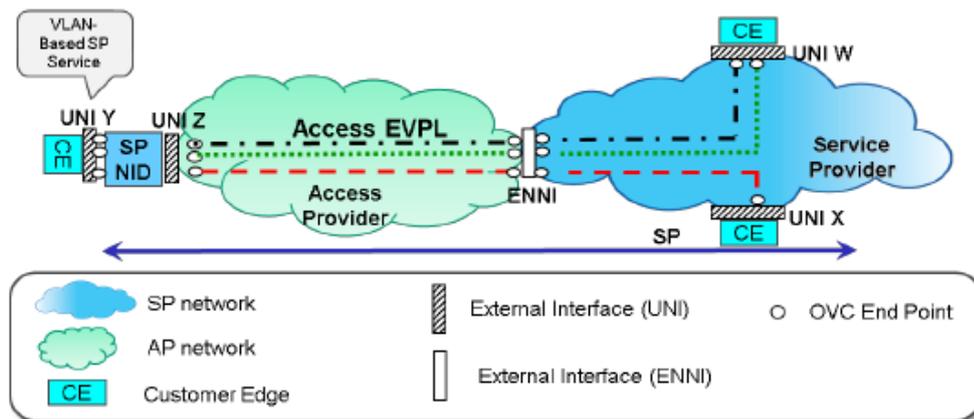


Figura 3.18 – Uso de NID do SP (MEF 43, Figura 1).

Como se observa nessa figura, um SP NID encontra-se instalado nas dependências do usuário, situado entre as duas UNIs localizadas na mesma extremidade da rede de acesso. A UNI Y na figura, também provida pelo SP em adição ao SP NID, provê a conectividade com a rede do SP através da rede de acesso do AP.

Registra-se que a UNI Z, de responsabilidade do AP, é uma “UNI” apenas do ponto de vista do próprio AP, por não cumprir os requisitos para realizar função de conexão de uma rede de usuário a uma CEN.

Essa alternativa torna o SP independente do AP, mas apresenta, contudo, algumas restrições óbvias, dado o afastamento físico dos dispositivos instalados no usuário. Essa condição pode inclusive se agravar na hipótese do usuário se encontrar sob outra jurisdição que o SP, inclusive em outro país.

### 3.5.2.3 – Uso de vNID na Rede do AP

Em face das dificuldades das duas primeiras alternativas, o padrão MEF 43 introduziu o conceito de NID Virtual (vNID).

A Figura 3.19 ilustra a implementação de um serviço *E-Access* com a funcionalidade vNID.

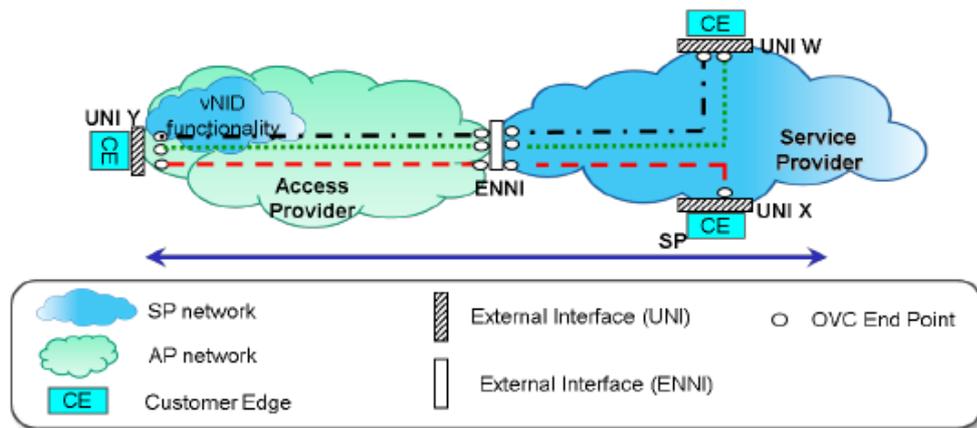


Figura 3.19 – Uso da funcionalidade vNID (MEF 43, Figura 3).

Nessa alternativa, é configurado um conjunto de objetos, gerenciáveis na rede do AP, onde são desempenhadas virtualmente as funções de NID necessárias ao interfaceamento do SP com o usuário remoto.

É possibilitado ao SP interagir com o vNID constituído, sendo especificada a natureza das interações permitidas. Dessa forma, é facultado ao SP o gerenciamento remoto das funções necessárias, sem a necessidade de interação freqüente com os processos administrativos do AP.

Para possibilitar a interação do provedor com o vNID, o padrão MEF 43 define o que se denomina conexão RMI (*Remote Management Interface*), assim como o protocolo RMI.

A conexão RMI, em termos mais precisos, visa a possibilitar a comunicação entre uma SPPE (*Service Provider Processing Entity*) do SP e uma RPE (*Remote Processing Entity*) situada na rede do AP.

Para um dado conjunto de UNIs, uma conexão RMI suporta o protocolo RMI.

O termo “protocolo RMI” se refere, genericamente, ao protocolo de gerenciamento escolhido para a interação entre o SP e uma RPE específica. Esse protocolo pode ser, por exemplo, o SNMP v2c (*Simple Network Management Protocol version 2c*) ou o NETCONF.

Conforme o padrão MEF 12.2, um aspecto operacional significativo do conceito de vNID é a habilidade de oferecer acesso separado entre as funções de gerenciamento e os atributos de serviço sob o controle do AP, e as funções de gerenciamento e os atributos de serviço sob o controle do SP.

A conexão RMI é distinta da interface de gerenciamento e da conexão utilizadas pelo AP para acessar a Entidade de Gerenciamento do H-NID responsável pelas funções atinentes ao AP. A O-EC (*Operator Ethernet Connection*) correspondente à conexão RMI é referida como RMI EC, enquanto a O-EC correspondente à conexão para gerenciamento do H-NID pelo AP é referida como MGT O-EC.

As implementações da RMI EC e da MGT O-EC não se encontram especificadas no padrão MEF 12.2.

A figura 3.20 ilustra a forma pela qual um SP utiliza um SPPE para se comunicar, por via de uma conexão RMI, com um RPE, com relação a uma UNI específica na rede do AP.

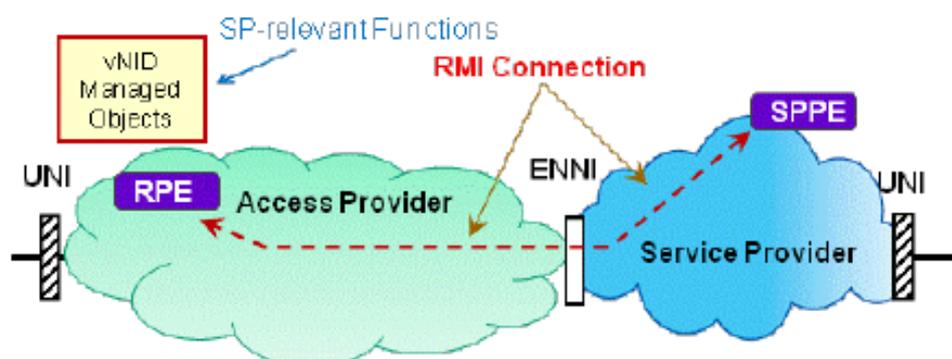


Figura 3.20 – Comunicação entre um SPPE e um RPE (MEF 43, Figura 4).

A atual versão do padrão MEF 43 apresenta dois diferentes casos relativos ao serviço vNID prestado pelo AP, que são o Caso B (Caso Básico) e o Caso A (Caso Avançado). O padrão MEF 12.2 utiliza as expressões H-NIDs com funcionalidade vNID básica e H-NIDs com funcionalidade vNID avançada, respectivamente, para o Caso B e para o Caso A.

O Caso B e o Caso A possuem algumas características em comum.

Ambos os casos especificam com quais objetos o SP pode interagir. Adicionalmente, o SP pode utilizar diferentes tipos de interação, dependendo do objeto gerenciado.

Por outro lado, os dois casos possuem uma conexão RMI para a comunicação do SP com um RPE. Essa conexão se restringe a essa finalidade, não sendo permitida ao SP a possibilidade de acesso ao sistema de gerenciamento do AP.

- **Caso B**

No Caso B, que é o Caso Básico, o AP provê uma única OVC com funcionalidade vNID para todo o tráfego através da UNI. Esse caso possibilita ao SP oferecer serviços de EVC Baseados em Porta (EPL, EP-LAN e EP-Tree). O AP fornece um serviço de acesso, que pode ser configurado pelo SP para funcionar como um serviço *Access-EPL* aprimorado, ou seja, como um serviço *Access-EPL* com funcionalidade vNID.

A Figura 3.21 apresenta um exemplo de serviço vNID no Caso B.

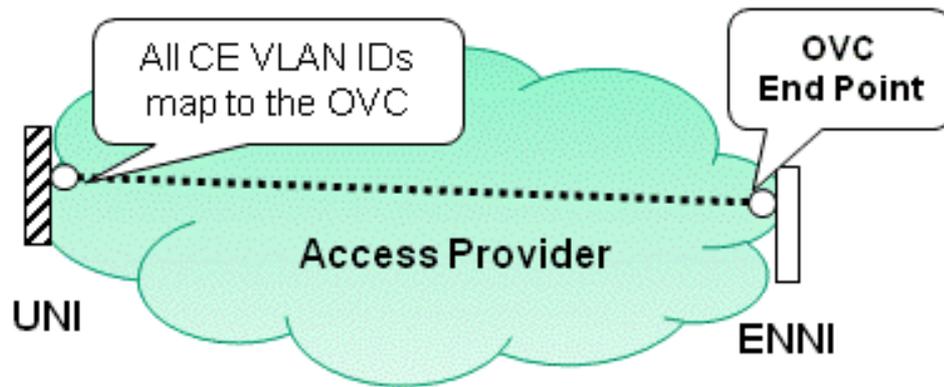


Figura 3.21 – Exemplo de serviço VNID no Caso B (MEF 43, Figura 5).

O Caso B, como se verifica nessa figura, suporta uma única OVC por UNI, e, em consequência, apenas um S-VLAN ID é utilizado na ENNI. Como, nesse caso, se utiliza Acesso Baseado em Porta, todos os CE-VLAN IDs são mapeados nessa OVC.

Alguns parâmetros são negociados entre o SP e o AP, enquanto outros parâmetros são especificados pelo SP por meio do protocolo RMI.

- **Caso A**

Para que seja possível ao SP oferecer serviços de EVC Baseados em VLAN no Caso B, torna-se necessária a adição de funcionalidades externas à rede do AP.

No Caso A, que é o Caso Avançado, o AP provê uma ou mais OVCs com funcionalidade vNID para o tráfego através da UNI. O SP deve ser capaz de mapear no mínimo um CE-VLAN ID para cada OVC. Na hipótese de existência de apenas uma OVC, o SP deveria ser capaz de mapear todos os CE-VLAN IDs nessa OVC.

O Caso A possibilita ao SP oferecer serviços de EVC Baseados em VLAN (EVPL, EVP-LAN e EVP-Tree).

Se o AP permitir ao SP especificar, no Caso A, que todas as CE-VLANs sejam mapeadas em uma única OVC, o SP deveria ser capaz de contratar uma única OVC para uma UNI e configurar valores nessa UNI de forma a oferecer serviços Baseados em Porta.

O AP provê, no Caso A, um serviço de acesso que pode ser configurado pelo SP para funcionar como versões aprimoradas do serviço *Access-EPL* e do serviço *Access-EVPL*.

A Figura 3.22 apresenta um exemplo de serviço vNID no Caso A, com três OVCs.

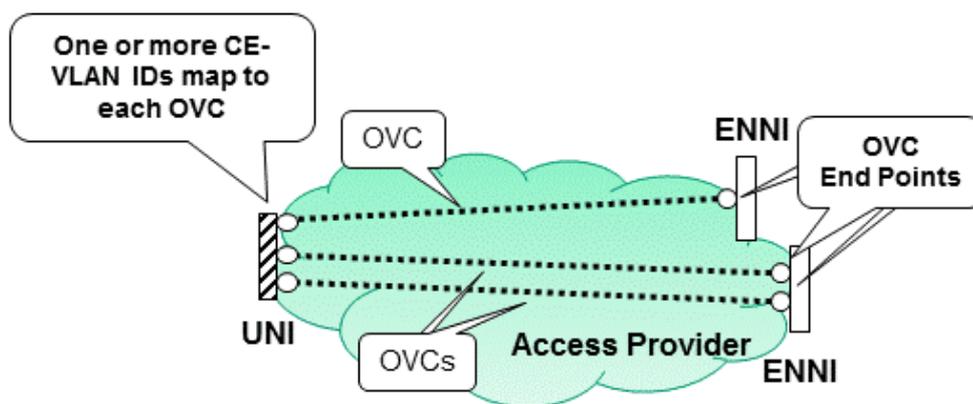


Figura 3.22 – Exemplo de serviço vNID no Caso A (MEF 43, Figura 6).

Observa-se, nessa figura, o uso de três OVCs multiplexadas na UNI, sendo que uma OVC é direcionada para uma das ENNIs, enquanto as duas outras OVCs são direcionadas para a outra ENNI. Nesse caso, um ou mais CE-VLAN IDs devem ser mapeados em cada uma das OVCs.

A Figura 3.19 anterior é também um exemplo de serviço vNID no Caso A.

### 3.6 - VUNI, RUNI, UTA E FEEDER OVCs

O presente item tem como base os seguintes padrões MEF:

- Padrão MEF 12.2 (*Carrier Ethernet Network Architecture Framework Part 2: Ethernet Services Layer*);
- Padrão MEF 26.2 (*External Network Network Interface (ENNI) and Operator Service Attributes*);
- Padrão MEF 28 (*External Network Network Interface (ENNI) Support for UNI Tunnel Access and Virtual UNI*).

Conforme observação no item 3.1 deste capítulo, reitera-se, neste ponto, que o padrão MEF 28 foi eliminado pelo MEF, mas alguns de seus conceitos e algumas de suas figuras são considerados no presente item.

#### 3.6.1 – VUNI (Virtual UNI) e RUNI (Remote UNI)

Os conceitos de VUNI e de RUNI foram estabelecidos no padrão MEF 12.2.

Uma VUNI é uma interface virtual da *ETH Layer* em uma ENNI, que provê o ponto de demarcação entre as responsabilidades (e as funções de processamento associadas) de um operador de VUNI e de um usuário, quando o serviço é prestado ao usuário por via de um UTA (*UNI Tunnel Access*) através de uma CEN de provedor de acesso (AP).

O Ponto de Terminação de VUNI (*VUNI End Point*) coincide com o Ponto de Terminação de ENNI do lado do provedor de VUNI.

Do outro lado da ENNI encontra-se o Ponto de Terminação de OVC de UTA na ENNI. No extremo remoto encontra-se o Ponto de Terminação de OVC de UTA na RUNI.

Uma RUNI é uma interface virtual da *ETH Layer* que provê o ponto de demarcação para as responsabilidades entre o AP e o usuário, e para as responsabilidades do provedor de serviço (SP) com respeito ao UTA.

### 3.6.2 – UTA (UNI Tunnel Access)

O conceito de UTA foi estabelecido no padrão MEF 28.

Os provedores de serviço necessitam de um meio para estender o seu alcance para usuários fora de sua área de prestação de serviços.

O UTA provê um meio para que quadros de serviço de EVCs associadas a uma RUNI possam ser tuneladas através de uma CEN de um operador de rede, e dessa forma alcançar uma ENNI conectando essa CEN a uma CEN de um provedor de VUNI.

O operador de rede provê uma OVC, referida como OVC de UTA para o intercâmbio de quadros de serviço entre a RUNI e a ENNI

Uma implementação de OVC de UTA, na CEN do operador de rede, é opaca para o provedor de VUNI e para o usuário. O que importa é o comportamento observado da OVC de UTA, entre a RUNI e a ENNI.

A Figura 3.23 apresenta um modelo para o contexto de um UTA.

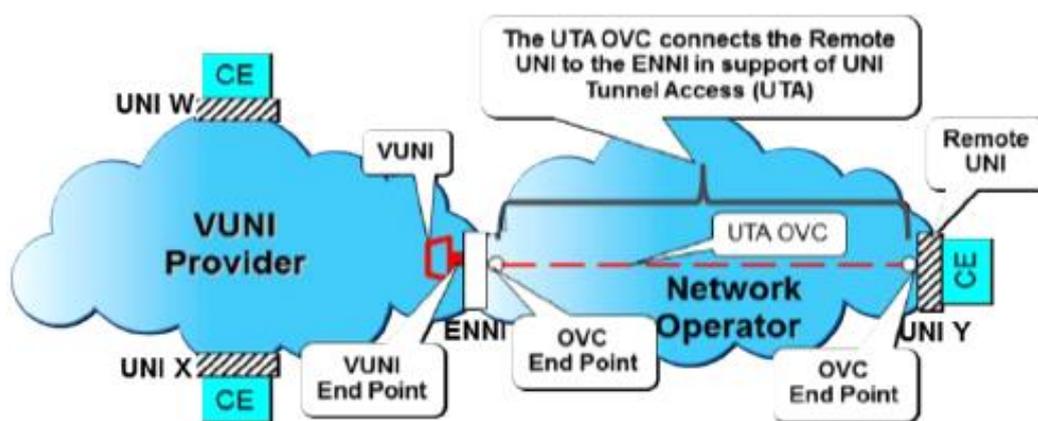


Figura 3.23 - Modelo para UTA MEF 28, Figura 1).

Como se observa nessa figura, a delimitação de um UTA ocorre entre os respectivos Pontos de Terminação de OVC de UTA na CEN do operador de rede, situados de um lado na ENNI e do outro lado na RUNI.

Um UTA contém, em uma OVC de UTA na CEN do operador de rede, uma ou mais OVCs. No caso de duas ou mais OVCs, essas OVCs encontram-se multiplexadas (agrupadas) na OVC de UTA.

O uso de um UTA pode representar maior eficiência de escalabilidade na CEN do operador de rede, por possibilitar que múltiplas EVCs utilizem uma única OVC nessa CEN, que é a OVC de UTA. O UTA pode permitir, adicionalmente, que seja utilizada uma única instância de serviço da rede de transporte na *TRAN-Layer* na CEN do operador de rede, ao invés de múltiplas instâncias de serviço que seriam necessárias caso não se utilizasse o UTA.

### 3.6.2.1 – EVCs Multiplexadas em um UTA

A Figura 3.24 apresenta uma configuração de uma multi-CEN em que três EVCs são multiplexadas em um UTA.

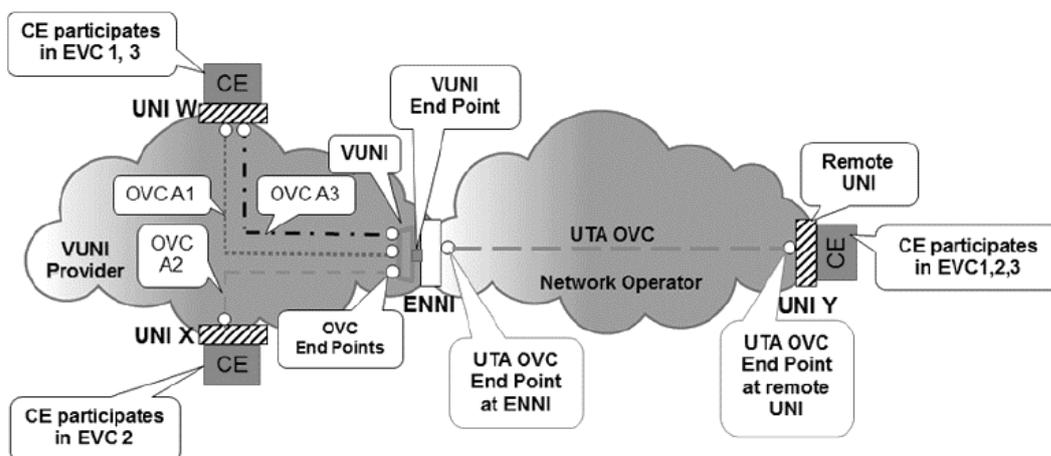


Figura 3.24– EVCs multiplexadas em um UTA (MEF 28, Figura 2).

Nessa figura, a VUNI opera em paridade com a RUNI a que se encontra associada na constituição do respectivo UTA. A VUNI encontra-se associada a um Ponto de Terminação de VUNI situado na ENNI do lado do provedor de VUNI.

Observa-se na figura que as OVCs correspondentes às EVC 1, EVC 2 e EVC 3 na CEN do operador de rede, encontram-se multiplexadas na OVC de UTA, sendo cada uma dessas EVCs identificada por um ou mais valores de CE-VLAN ID.

O operador de rede que suporta a RUNI não é responsável pelo gerenciamento das EVCs em sua CEN. No entanto o operador de rede é responsável pelo gerenciamento da OVC de UTA entre o seu lado da ENNI e a RUNI, inclusive pelos atributos de serviço da RUNI.

Na Figura 3.24, o CE do lado da RUNI (UNI Y) participa nas EVC 1, EVC 2 e EVC 3. O CE do lado da UNI W participa nas EVC 1 e EVC 3, enquanto o CE do lado da UNI X participa apenas na EVC 2.

Considerando-se a transmissão de quadros de serviço no sentido da RUNI para o provedor de VUNI, aplicam-se os seguintes procedimentos:

- Quadros de serviço C-VLAN tagged enviados pelo CE conectado à RUNI, têm o seu C-VLAN ID transposto como CE-VLAN ID, enquanto aos quadros de serviço *untagged* e *priority tagged* enviados por esse CE é adicionado um valor único de CE-VLAN ID;
- Esses quadros de serviço são mapeados pela RUNI em um único Ponto de Terminação de OVC de UTA situado na RUNI, que os transmite através do UTA;
- Quando esses quadros de serviço atingem o Ponto de Terminação de OVC de UTA na ENNI, recebem a adição de um S-VLAN ID previamente negociados entre o operador de rede e o provedor de serviço;
- Do outro lado da ENNI, o Ponto de Terminação de VUNI acolhe os quadros de serviço com base no S-VLAN ID negociado, retira esse S-VLAN ID e insere os quadros de serviço na VUNI;
- A VUNI, possuidora do Mapa de Pontos de Terminação, mapeia cada quadro de serviço no correspondente Ponto de Terminação de OVC situado no seu lado esquerdo, com base no respectivo valor de CE-VLAN ID;
- O Ponto de Terminação de OVC que recebe o quadro de serviço, encaminha-o, pela OVC correspondente, à UNI de destino de onde ingressa na rede do usuário no devido formato.

No sentido inverso, aplicam-se os seguintes procedimentos:

- A UNI W recebe os quadros de serviço do correspondente CE, filtra-os com base nos respectivos C-VLAN IDs e os encaminha, já como quadros de serviço *CE-VLAN tagged*, para o devido Ponto de Terminação de OVC, associado à OVC 1 ou à OVC 3;
- A UNI X recebe os quadros de serviço do correspondente CE, filtra-os com base nos respectivos CE-VLAN IDs, e os encaminha para o Ponto de Terminação de OVC associado à OVC 2;
- Os quadros de serviço são recebidos pelos respectivos Pontos de Terminação de OVC no lado esquerdo da VUNI, e são encaminhados para o Ponto de Terminação de VUNI;
- O Ponto de Terminação de VUNI acrescenta o S-VLAN ID negociado aos quadros de serviço, que são então recebidos, dessa forma pelo Ponto de Terminação de OVC de UTA na ENNI;
- O Ponto de Terminação de OVC de UTA na ENNI retira o S-VLAN ID após a sua utilização, e transmite os quadros de serviço para o Ponto de Terminação de OVC de UTA na RUNI, de onde são enviados, via RUNI, para o respectivo CE, no devido formato.

A Figura 3.25 representa a configuração da Figura 3.24 sob a ótica do usuário.

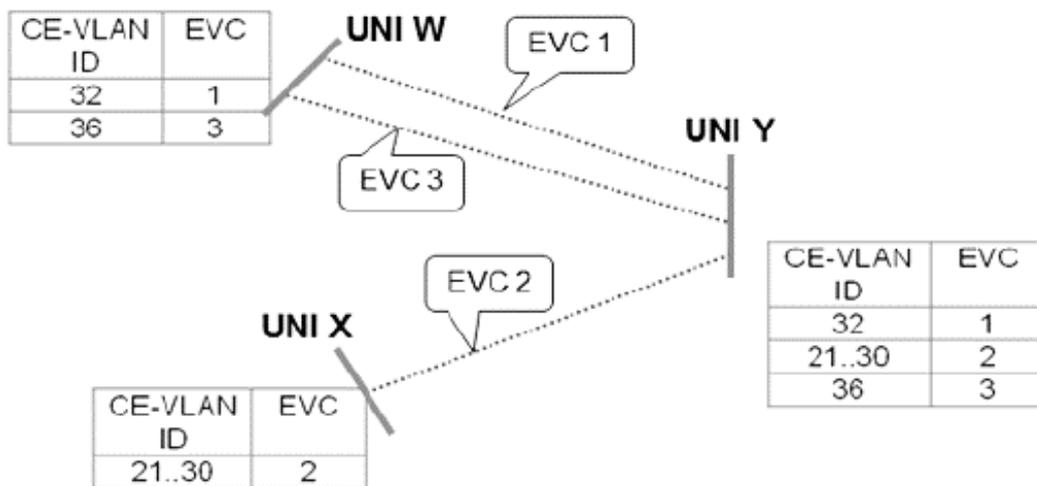


Figura 3.25– Figura anterior sob a ótica do usuário (MEF 28, Figura 2).

Observa-se que essa figura não mostra a ocorrência, na OVC de UTA, da Multiplexação de Serviços que se passa com as EVC 1, EVC 2 e EVC 3, fato que, operacionalmente, nada significa para o usuário.

### 3.6.2.2-Múltiplos UTAs Associados a uma ENNI

No caso de existência de mais de um UTA (e, conseqüentemente, de mais de uma VUNI) associados a uma ENNI, como na Figura 3.26, para cada par VUNI/Ponto de Terminação de OVC de UTA na ENNI, negocia-se um valor de S-VLAN-ID.

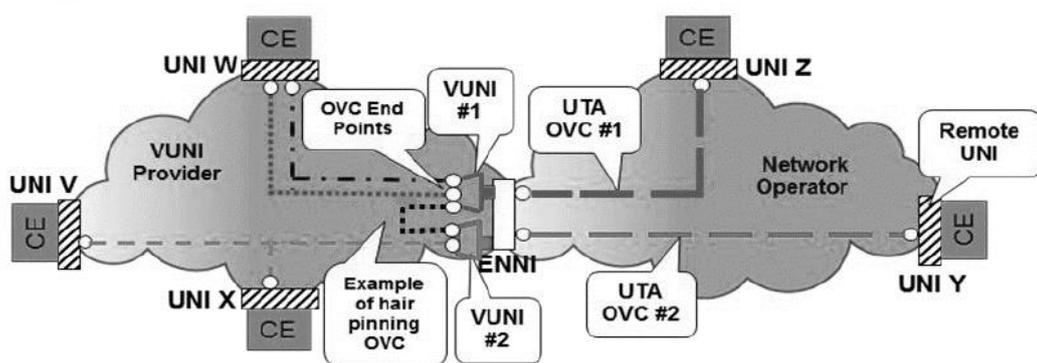


Figura 3.26– Múltiplos UTAs associados a uma ENNI (MEF 28, Figura 3).

A cada Ponto de Terminação de OVC no lado esquerdo das VUNIs corresponde um conjunto único de valores de CE-VLAN-ID, valores esses que se encontram associados à respectiva EVC.

Supondo-se a transmissão de quadros de serviço da CEN do operador de rede para a CEN do provedor de VUNI, a tais quadros de serviço é adicionado um determinado valor de S-VLAN ID negociado para cada um dos Pontos de Terminação de OVC de UTA na ENNI. Dessa forma, os quadros de serviço são encaminhados ao devido Ponto de Terminação de VUNI. Daí em diante, aplicando-se os procedimentos utilizados na Figura 3.24 anterior, os quadros de serviço atingem os seus destinos.

Por exemplo, suponha-se que para o Ponto de Terminação de UTA OVC #1 e também para o Ponto de Terminação da VUNI #1 foi negociado e configurado o valor de S-VLAN ID igual a 4071.

Nesse caso, por exemplo, a um quadro de serviço oriundo da UNI Z que seja recebido na ENNI, é acrescido o S-VLAN ID 4071 quando da sua transmissão através da ENNI. Do outro lado da ENNI esse quadro será encaminhado para a VUNI #1 com base nesse valor de S-VLAN ID.

A VUNI #1 retira esse S-VLAN ID do quadro de ENNI recebido após sua utilização, e mapeia então o quadro de serviço resultante no devido Ponto de Terminação de OVC na CEN do provedor de VUNI, com base no CE-VLAN ID do quadro.

Ressalvado o exemplo apresentado nos parágrafos anteriores, os procedimentos para o intercâmbio de quadros de serviço entre a CEN do provedor de VUNI e a CEN do operador de rede são os mesmos que aqueles aplicados à Figura 3.24 anterior.

Observa-se na figura 3.26 a ocorrência da utilização de Comutação *Hairpin* entre a VUNI #1 e a VUNI #2, o que possibilita a comunicação entre as RUNIs (UNI Y e UNI Z). Essa Comutação *Hairpin* é possível devido à existência de uma OVC especial na rede do provedor de VUNI, referida como *OVC Hair Pinning*, que une dois Pontos de Terminação de OVC situados no lado esquerdo da VUNI #1 e da VUNI #2.

A *OVC Hair Pinning*, associada a duas OVCs ponto a ponto situadas na CEN do operador de rede e agrupadas respectivamente no UTA OVC #1 e no UTA OVC #2, constitui uma quarta EVC na configuração da Figura 3.26. Essa EVC possibilita então a comunicação entre as RUNIs (UNI Y e UNI Z), estando associados um ou mais valores de CE-VLAN ID a essa quarta EVC.

Ressalva-se que nas configurações da Figura 3.24 e da Figura 3.26, que correspondem à prestação de serviços E-Line, não pode ocorrer superposição de valores de CE-VLAN ID entre as EVCs.

### **3.6.3– Feeder OVCs (Padrão MEF 26.2)**

O conceito de UTA nos termos do padrão MEF 28 implica algumas restrições.

Uma dessas restrições impõe que um UTA se limite a conectar uma UNI com uma ENNI. Não é possível a implementação de um UTA entre ENNIs, o que

vale dizer, é impossibilitada a existência de OVCs de UTA multi-CEN, e, em consequência, de VUNIs em cascata.

Uma outra restrição impõe que seja mapeada a totalidade de CE-VLAN IDs na RUNI. Dessa forma, pode ser conectado apenas um UTA em uma RUNI.

O Apêndice B ao padrão MEF 28 explicita essas restrições, e apresenta uma figura ilustrativa da possível generalização do conceito de UTA com a eliminação das restrições.

O padrão MEF 26.2, emitido após o padrão MEF 28, introduz o conceito de *Feeder OVC*, que representa a generalização do conceito de UTA prevista no Apêndice B ao padrão MEF 28.

A Seção 15.2 do padrão MEF 26.2 apresenta os requisitos aplicáveis às *Feeder OVCs*, além de uma análise comparativa da evolução representada pelas *Feeder OVCs* com relação aos UTAs.

Os exemplos de configuração de uso de *Feeder OVCs* apresentados a seguir, neste item, evidenciam a eliminação das restrições do uso de UTAs acima mencionadas, considerando-se que tais exemplos não seriam possíveis com o uso de UTAs.

### 3.6.3.1 – Notações de Ícones Utilizadas

Os ícones utilizados nos exemplos de *Feeder OVCs* adiante têm os significados indicados na figura 3.27.

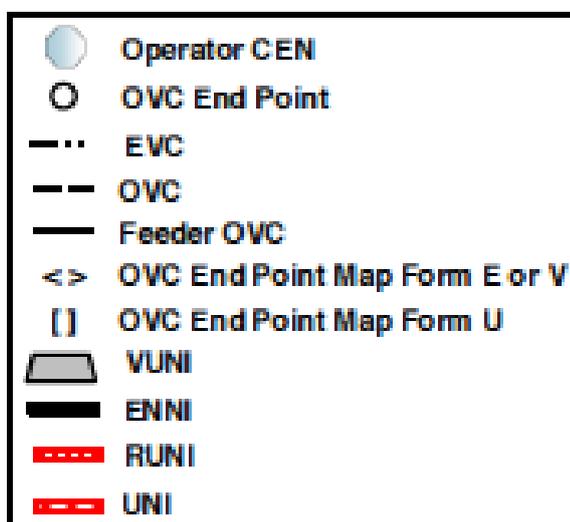


Figura 3.27 –Ícones utilizados em configurações com FeederOVCs (MEF 26.2, Figura 63).

Os ícones nessa figura são de fácil entendimento, à exceção do ícone  $\langle \rangle$ , válido para Mapa de Ponto de Terminação de OVC no formato E ou V, e do ícone  $[ ]$ , válido para Mapa de Ponto de Terminação de OVC no formato U.

O valor indicado em um Mapa de Ponto de Terminação de OVC especifica quais os quadros de EI são mapeados no Ponto de Terminação de OVC.

O padrão 26.2 define quatro formatos para Mapas de Pontos de Terminação de OVC:

- Formato **E** (E de ENNI);
- Formato **T** (T de Trunk);
- Formato **V** (V de VUNI);
- Formato **U** (U de UNI).

- **Formato E**

O valor de um Mapa de Ponto de Terminação de OVC no formato E (E de ENNI) consiste em uma lista contendo um ou múltiplos valores de S-VLAN ID localizada em uma ENNI-N. Usualmente essa lista consiste em apenas um valor de S-VLAN ID, representado na forma  $\langle x \rangle$ .

Quando essa lista consiste em dois ou mais valores de S-VLAN ID, o mapa é referido como Mapa de Ponto de Terminação de OVC Agrupado (*Bundled*). Esse mapa é representado na forma  $\langle x, y, \dots, z \rangle$ .

Como visto anteriormente neste capítulo, uma OVC que associa Pontos de Terminação de OVC Agrupados, e que não seja uma OVC multiponto com raiz, é referida como uma OVC Agrupada (*Bundled OVC*).

A Figura 3.28 mostra um exemplo de OVC Agrupada, na CEN A, conectando os Pontos de Terminação de OVC A1 e A3.

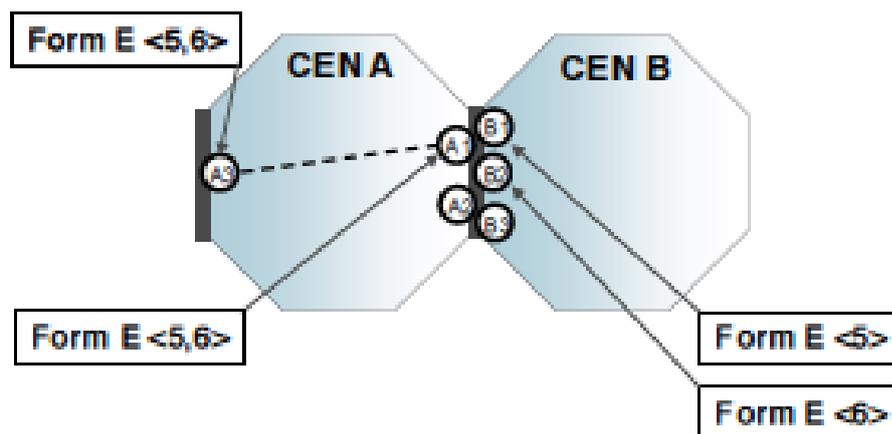


Figura 3.28 - Ilustração do formato E (MEF 26.2, Figura 42).

Nessa Figura, o valor  $\langle 5, 6 \rangle$ , no formato E, situado no Ponto de Terminação de OVC Agrupado A1, corresponde aos valores  $\langle 5 \rangle$  e  $\langle 6 \rangle$ , também no formato E, situados, respectivamente, nos Pontos de Terminação de OVC B1 e B2.

- **Formato T**

O valor de um Mapa de Ponto de Terminação de OVC no formato **T** (T de Tronco) consiste em um par de valores de S-VLAN ID localizado em um Ponto de Terminação de OVC Tronco, e representado na forma  $\{ r,l\}$ . O **r** representa o valor do S-VLAN ID Raiz, também referido como Tronco (S-VID Raiz), enquanto o **l** representa o valor do S-VLAN ID Folha, também referido como Tronco (S-VID Folha).

No caso de utilização de dois Pontos de Terminação de OVC Tronco associados nos dois lados de uma ENNI, os valores  $\{ r,l\}$  são os mesmos nos dois Pontos de Terminação de OVC Tronco.

Observa-se que o formato **T** difere do formato **E** devido ao fato de que no formato **T** existe distinção entre os papéis de cada valor de S-VLAN ID.

- **Formato V**

O valor de um Mapa de Ponto de Terminação de OVC no formato **V** (V de VUNI) consiste em um valor de S-VLAN ID e uma lista de um ou mais valores de CE-VLAN ID.

Um Mapa de Ponto de Terminação de OVC no formato **V** é representado na forma  $\langle x: y, \dots, z \rangle$ , onde **x** é um valor de S-VLAN ID e **y, ..., z** são valores de CE-VLAN ID.

Quando um Ponto de Terminação de OVC se encontra em uma VUNI, o Mapa de Ponto de Terminação de OVC deve ser no formato **V**.

- **Formato U**

O valor de um Mapa de Ponto de Terminação de OVC no formato **U** (U de UNI) consiste em uma lista de um ou mais valores de CE-VLAN ID.

Um Mapa de Ponto de Terminação de OVC no formato **U** se localiza em uma UNI, e é representado na forma  $[x,y,\dots,z]$ , onde **x,y e z** são valores de CE-VLAN ID.

### 3.6.3.2 – Feeder OVCs em Sequência

A Figura 3.29 apresenta um modelo para o contexto de *Feeder OVCs* em seqüência, abrangendo duas CENs de diferentes operadores de rede.

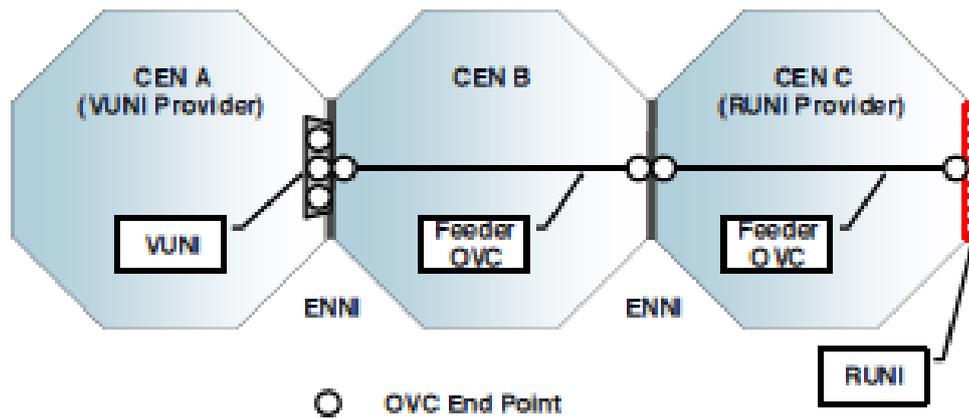


Figura 3.29- Modelo de Feeder OVCs multi-CEN (MEF 26.2, Figura 37).

Nesse cenário, o acesso da RUNI à VUNI é composto por duas *Feeder OVCs*. Uma dessas *Feeder OVCs* associa a RUNI, situada na CEN C, à CEN do operador de rede B (pela ENNI BC). A outra *Feeder OVC* associa a ENNI BC à ENNI AB (que é a ENNI associada à VUNI).

O operador de rede da CEN A é o provedor de VUNI, enquanto o operador de rede da CEN C é o provedor de RUNI.

Um outro exemplo de *Feeder OVCs* multi-CEN em seqüência encontra-se na Figura 3.30. Essa figura representa uma configuração de serviço EVPL, com duas EVCs que se encontram agrupadas em duas *Feeder OVCs* em seqüência, uma situada na CEN C e a outra situada na CEN D.

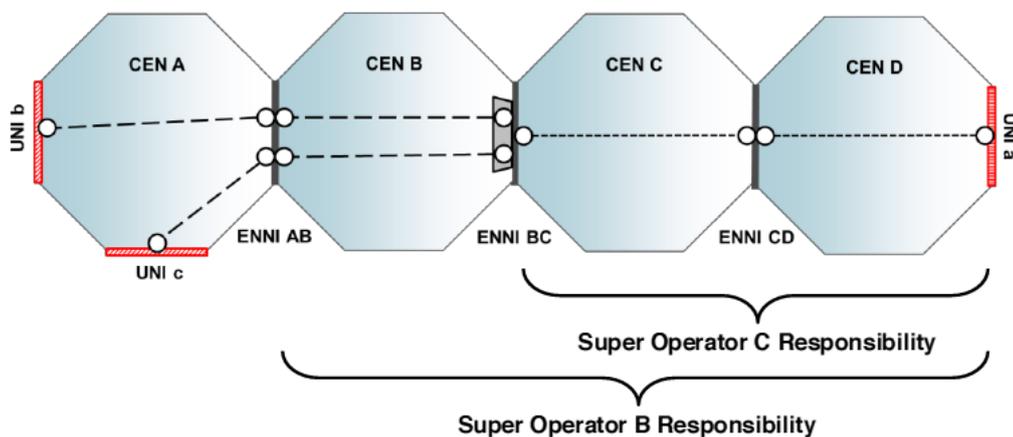


Figura 3.30- RUNI em CEN não contígua à CEN de VUNI (MEF 26.2, Figura 84).

Nessa figura, como o provedor de serviço é incapaz de alcançar os usuários na UNI a, contratou serviços de acesso da CEN B com esse objetivo.

Como a CEN B é também incapaz de alcançar os usuários na UNI a, o seu operador de rede sub-contratou os serviços de acesso da CEN C com esse objetivo, tornando-se então um super operador (super operador B). Com a instalação de

uma VUNI na CEN B ao lado da ENNI BC, esses serviços de acesso passaram a ser prestados mediante a utilização de uma *Feeder OVC* na CEN C. Como tampouco a CEN C é capaz de alcançar usuários na UNI a, o seu operador de rede, por sua vez, sub-contratou os serviços de acesso da CEN D.

Em sequência, o operador de rede da CEN D utilizou uma outra *Feeder OVC* que, através da ENNI CD, foi associada à *Feeder OVC* na CEN C, o que não seria viável no contexto do padrão MEF 28.

Assim, ficaram finalmente alcançáveis, para o provedor de serviço, os usuários na UNI a. A UNI a tornou-se então uma RUNI.

O operador de rede da CEN C tornou-se um super operador (super operador C), atuando sob a responsabilidade do super operador B.

Como se observa, os serviços prestados com a utilização da VUNI da CEN B foram estendidos para a CEN D, com a utilização de mais uma *Feeder OVC* na CEN D em sequência à *Feeder OVC* da CEN C.

### 3.6.3.3- Conexão Direta entre uma RUNI e Múltiplas VUNIs

O padrão MEF 26.2 tornou possível a conexão entre uma RUNI e múltiplas VUNIs. Existem duas formas para efetivação dessa conexão.

Uma dessas formas consiste na utilização de múltiplas *Feeder OVCs* conectando diretamente a RUNI a cada uma das VUNIs, como ilustra a Figura 3.31.

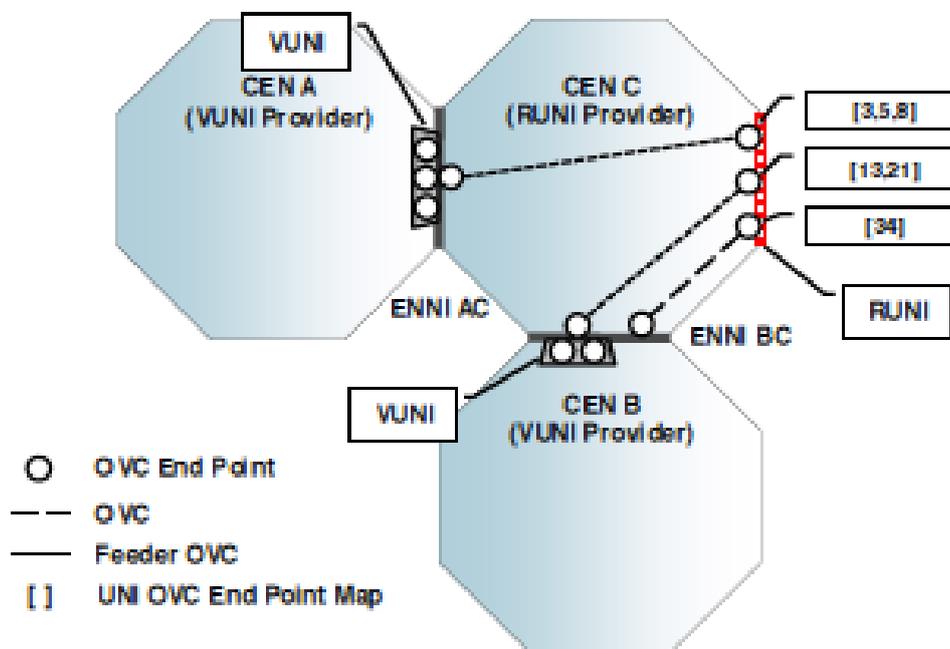


Figura 3.31- Múltiplas Feeder OVCs em uma RUNI (MEF 26.2, Figura 40).

A configuração dessa figura não é viável nos termos do padrão MEF 28, posto que esse padrão determina que o Mapa de Pontos de Terminação de OVC

na RUNI contenha obrigatoriamente a totalidade de CE-VLAN IDs. Essa restrição implica a impossibilidade de conexão de mais de uma *Feeder OVC* na RUNI.

Observa-se na Figura 3.31 também a conexão de uma OVC comum na UNI que desempenha a função de RUNI, ligando a RUNI à ENNI BC, em adição às *Feeder OVCs*.

### 3.6.3.4 – Outro Exemplo de Feeder OVCs em Sequência

A Figura 3.32 apresenta um outro exemplo de uso de Feeder OVCs em sequência, onde duas EVCs se concentram em uma (UNI a).

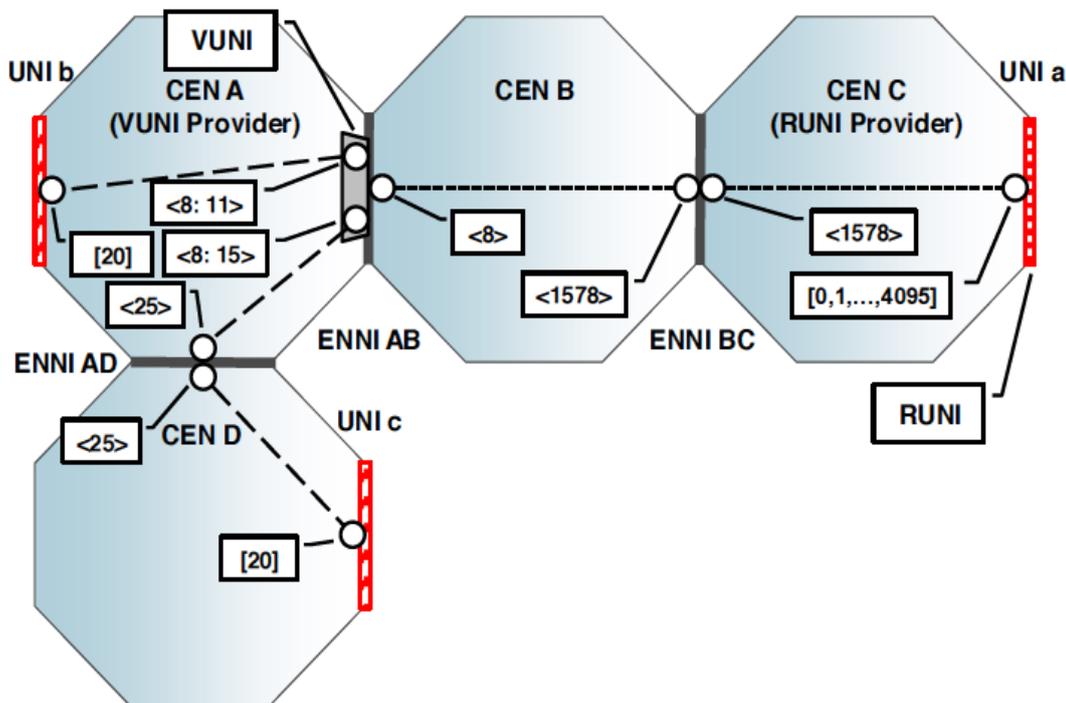


Figura 3.32 – Outro exemplo de Feeder OVCs em sequência (MEF 26.2, Figura 65).

Nessa figura, o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs deve se encontrar setado para *Strip* ou *Retain* na OVC entre a UNI b e a ENNI AB, situada na CEN A. Da mesma forma, o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs deve se encontrar setado para *Strip* ou *Retain* em uma ou em ambas as OVCs conectando, em sequência, a UNI c à ENNI AB. A CEN B e a CEN C não necessitam ter conhecimento do Mapa CE-VLAN ID / EVC na UNI a.

Como se trata de *Feeder OVCs* e não de UTAs, as EVCs na Figura 3.32 podem também ser implementadas substituindo-se o mapeamento [ 0, 1, ..., 4095] pelo simples mapeamento [11, 15] na UNI a. Essa possibilidade permitiria a CEN C descartar quadros de serviço entrantes nessa UNI com CE-VLAN IDs diferentes de 11 e 15, ao invés de ocorrer o descarte quando esses quadros de serviço atingem a CEN A.

É preciso considerar, na escolha dessas duas hipóteses, o custo de habilitar a CEN C a ter conhecimento de CE-VLAN IDs de quadros de ingresso, o que se obtém mediante a configuração da UNI a para processar, apropriadamente, cada valor de CE-VLAN ID em quadros de serviço de ingresso.

Será apresentada, a seguir, a funcionalidade mostrada na figura 3.32, quando é mapeada a totalidade de CE-VLAN IDs de quadros de serviço de ingresso na UNI a, ou seja, quando são mapeados CE-VLAN IDs na faixa [ 0, 1, ..., 4095].

Nessa hipótese, conforme menção anterior, todos os quadros de serviço que ingressam pela UNI a são descartados quando de sua entrada na CEN A, com exceção daqueles com os CE-VLAN IDs 11 e 15.

Os quadros de serviço com os CE-VLAN IDs 11 e 15 são direcionados para a CEN A encapsulados por um S-Tag com o S-VLAN ID 8. Esses quadros de serviço são encaminhados para os respectivos Pontos de Terminação de OVC na VUNI, com base nos valores de CE-VLAN ID neles contidos.

Os quadros de serviço destinados à UNI b são encaminhadas para o Ponto de Terminação de OVC na VUNI cujo Mapa de Ponto de Terminação de OVC possui o valor <8, 11>, de onde são transmitidos para a UNI b.

Os quadros de serviços destinados à UNI c são encaminhados para o Ponto de Terminação de OVC na VUNI cujo Mapa de Ponto de Terminação de OVC possui o valor <8, 15 >, de onde são transmitidos para a UNIC, via ENNI AD.

Nas UNIs de destino, os valores de CE-VLAN ID 11 e 15 são ambos convertidos, coincidentemente, para o valor de CE- VLAN ID 20, ingressando então nos respectivos sites da rede do usuário.

A Figura 3.33 apresenta a Figura 3.32 sob a ótica do usuário.

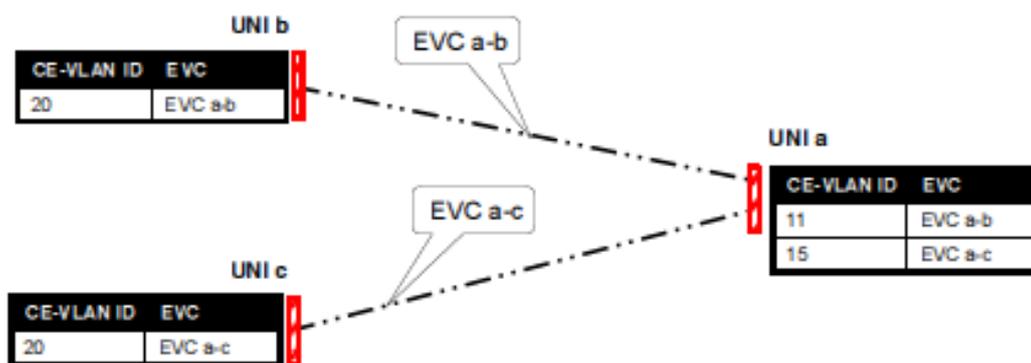


Figura 3.33- Figura 3.32 sob a Ótica do Usuário (MEF 26.2, Figura 64).

### 3.6.3.5 – Feeder OVCs Utilizando VUNIs em Cascata

È possível a conexão entre uma RUNI e múltiplas VUNIs mediante a implementação de Feeder OVCs utilizando VUNIs em cascata, o que, conforme referência anterior, não seria possível com o uso de UTAs.

A Figura 3.34 apresenta uma configuração em que se utiliza VUNIs em cascata, onde se verifica a prestação de um serviço EVPL com quatro EVCs.

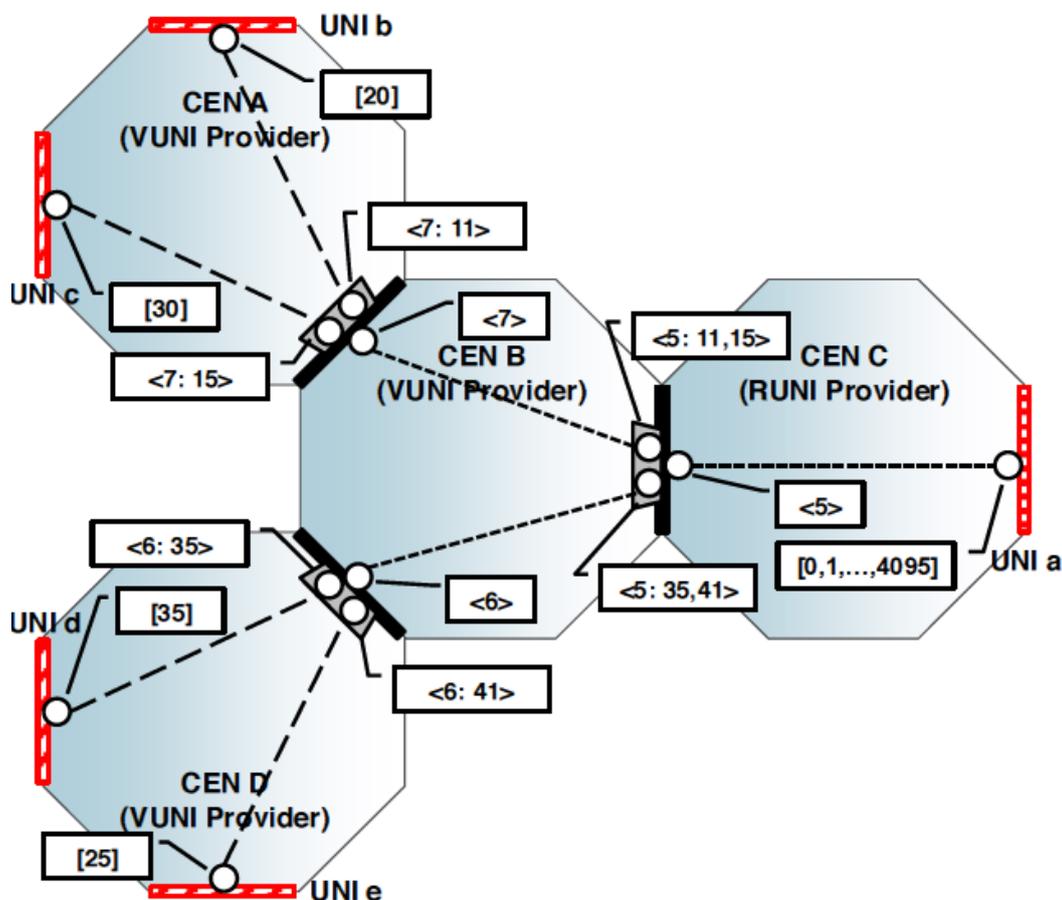


Figura 3.34 – VUNIs em Cascata (MEF 26.2, Figura 71).

Nessa figura, duas *Feeder OVCs* são utilizadas na CEN B. Uma vantagem dessa abordagem é a redução do número de OVCs na CEN B de quatro para duas, porém com o custo de se utilizar VUNIs na CEN A e na CEN D.

Na CEN C, a redução do número de OVCs é ainda mais acentuada caso se considere a configuração da Figura 3.34 como um todo. Ao invés de quatro EVCs utilizadas caso não se utilizasse *Feeder OVCs*, é necessária apenas uma OVC na CEN C, ressalvando-se, contudo, o custo relativo ao uso de três VUNIs na rede.

A Figura 3.35 mostra a Figura 3.34 sob a ótica do usuário.

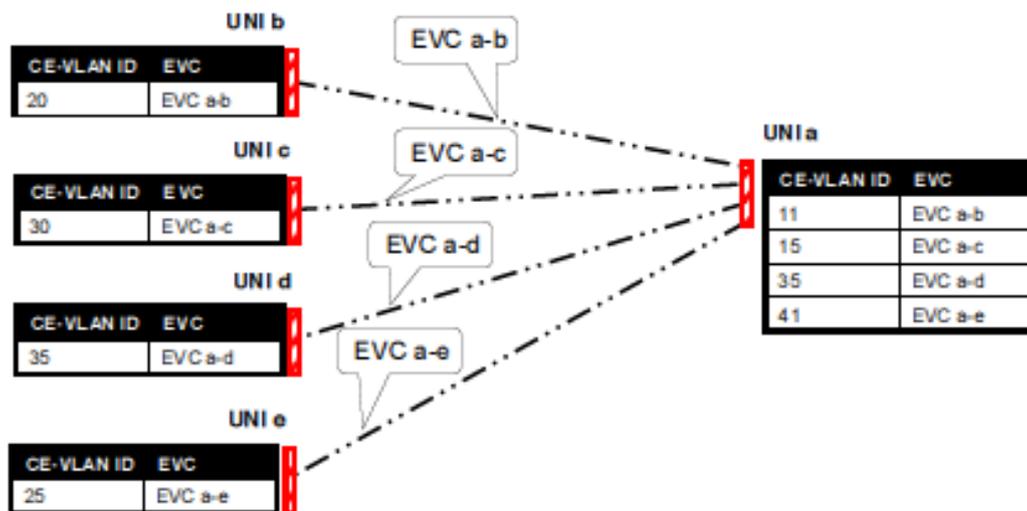


Figura 3.35 – Figura 3.34 sob a ótica do usuário (MEF 26.2, Figura 70).

Conforme menção anterior neste capítulo, fica evidenciado nessa figura que os agrupamentos de OVCs ocorridos na Figura 3.34 anterior não têm qualquer significado para o usuário.

A UNI a atua como um *hub*, concentrando as quatro EVCs da figura. Observa-se que na EVC UNI d/UNI a ocorre Preservação de CE- VLAN ID.

Uma forma de se obter o mapa CE-VLAN ID / EVC na UNI d é fazer com que a OVC conectando a UNI d à ENNI BD possua o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs setado para *Preserve*.

### 3.6.3.6- Feeder OVCs utilizando VUNIs Back to Back

A Figura 3.36 exibe uma configuração de serviço EVPL com três EVCs, utilizando três VUNIs *back to back* na CEN B.

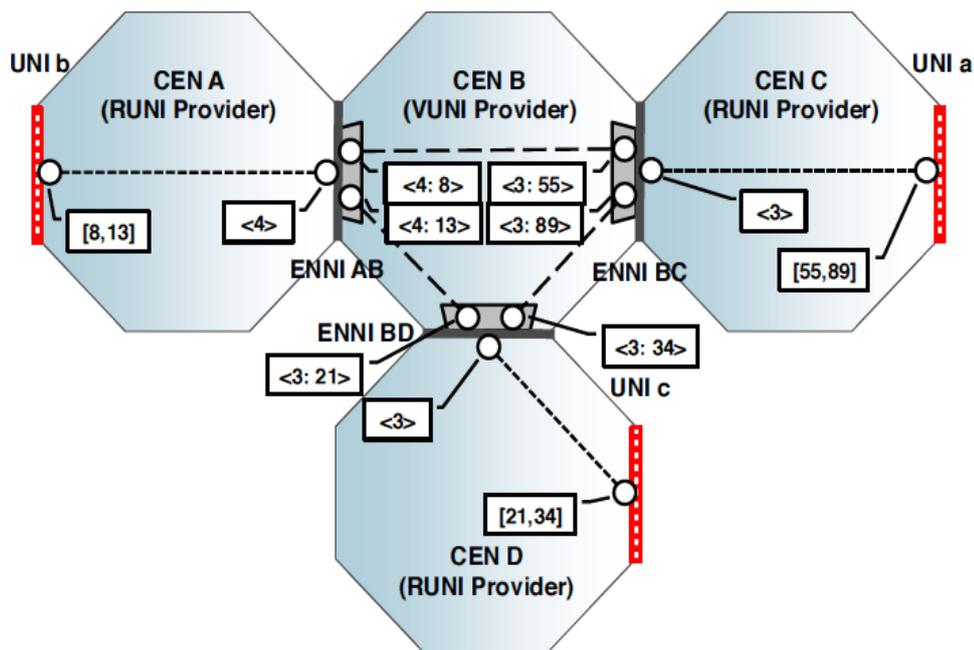


Figura 3.36 – Exemplo de uso de VUNIs back to back (MEF 26.2, Figura 67).

Nesse exemplo as VUNIs *back to back* encontram-se na mesma CEN (CEN B), mas isso não representa um requisito de um modo geral.

Nessa figura, as OVCs na CEN B possuem, para cada EVC, o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs com o valor *Strip* ou *Retain*.

A Figura 3.37 apresenta a Figura 3.36 sob a ótica do usuário.

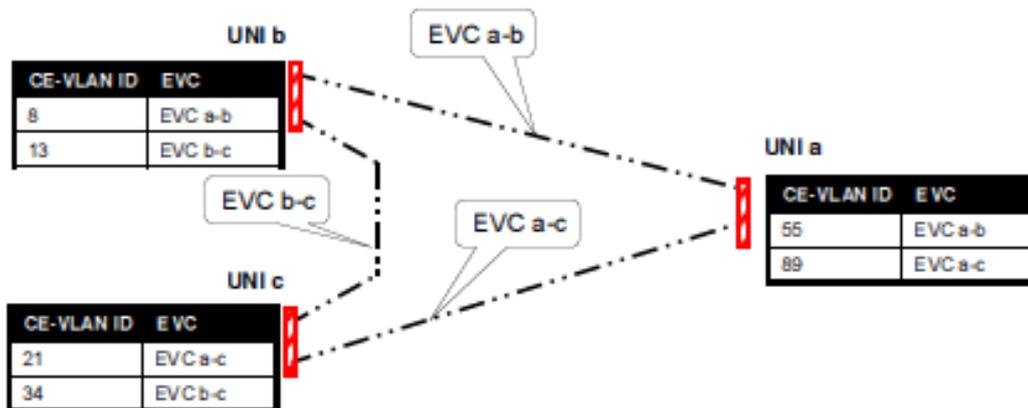


Figura 3.37– Figura 3.36 sob a ótica do usuário (MEF 26.2, Figura 66).

### 3.6.3.7 - Feeder OVCs em EVC com Agrupamento

A Figura 3.38 apresenta uma implementação de EVC multiponto a multiponto onde se utiliza Agrupamento de CE-VLAN IDs.

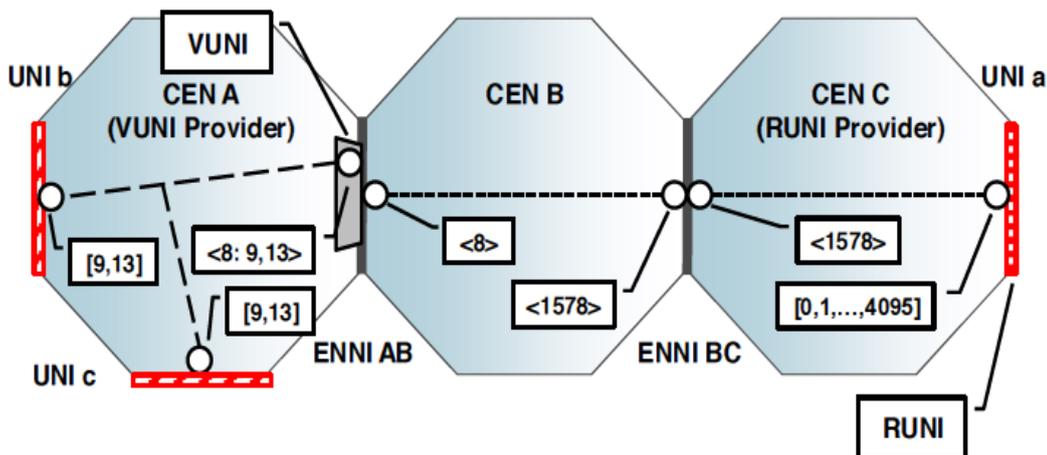


Figura 3.38 – Exemplo de EVC com Agrupamento (MEF 26.2, Figura 69).

Observa-se que essa figura se encontra provavelmente incompleta, por razões de clareza, pois só mostra a utilização de um dos Pontos de Terminação de OVC da VUNI apresentada. Da forma em que a figura se apresenta não se tira proveito da possibilidade de multiplexação oferecida pelas *Feeder OVCs* da CEN B e da CEN C.

A Figura 3.39 apresenta a Figura 3.38 sob a ótica do usuário.

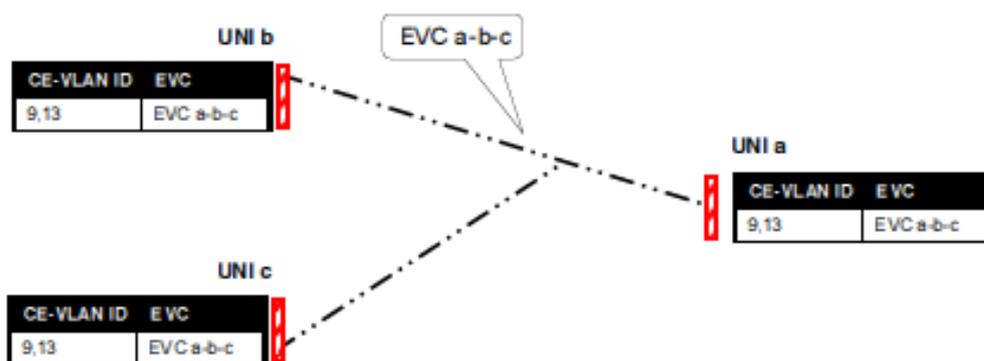


Figura 3.39- Figura 3.38 sob a Ótica do Usuário (MEF 26.2, Figura 68).

Como se observa, essa figura representa a EVC multiponto a multiponto vista pelo usuário, que corresponde ao serviço EVP-LAN.

## CAPÍTULO 4

### SERVIÇOS ETHERNET DE EVC

#### 4.1- PREÂMBULO

Os serviços Carrier Ethernet, também referidos simplesmente como serviços Ethernet em alguns padrões MEF, foram apresentados preliminarmente no subitem 2.8 do Capítulo 2 deste livro.

Os serviços Ethernet são classificados de duas formas.

Uma dessas classificações considera os seguintes tipos de serviço Ethernet:

- Serviços Ethernet de EVC, ou simplesmente serviços de EVC;
- Serviços Ethernet de OVC, ou simplesmente serviços de OVC.

O MEF subclassifica os serviços Ethernet de EVC e de OVC em serviços básicos e serviços específicos.

Os serviços Ethernet básicos constituem categorias de serviço que apresentam algumas características em comum. Cada serviço Ethernet básico é prestado sob a forma de diferentes serviços específicos.

A outra classificação considera serviços privativos e serviços privativos virtuais. Essa classificação se superpõe à outra classificação, existindo então, por exemplo, serviços de OVC privativos e serviços de OVC privativos virtuais.

Serviços privativos são aqueles caracterizados pela ocorrência de Acesso Baseado em Porta nas UNIs envolvidas, ou seja, quando o atributo de serviço Agrupamento Todos em Um está Habilitado nessas UNIs.

Serviços privativos virtuais caracterizam-se pela ocorrência de Acesso Baseado em VLAN em todas as UNIs envolvidas. Para isso, o atributo de serviço Agrupamento Todos em Um deve se encontrar Desabilitado nessas UNIs.

É possível a ocorrência de Multiplexação de Serviços e/ou de Agrupamento de CE-VLAN IDs em serviços privativos virtuais. É possível também a existência de configurações de serviços privativos virtuais em que não ocorre a habilitação de nenhum desses dois atributos de serviço (nem tampouco do atributo de serviço Agrupamento Todos em Um).

A definição rigorosa dos serviços Ethernet se efetiva pela análise de seus atributos de serviço e dos respectivos parâmetros e valores. A Figura 4.1 mostra o processo em que essa definição ocorre.

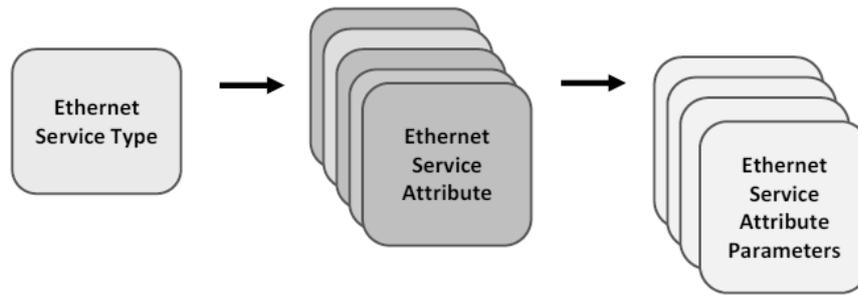


Figura 4.1 – Processo para a definição de serviços Ethernet (MEF 6.2, Figura 3).

O MEF define, em primeira instância, os atributos de serviço gerais para os serviços Ethernet de EVC e de OVC, especificando, respectivamente, os parâmetros de forma comum a todos os serviços de EVC e de OVC.

Os atributos de serviço constituem conjuntos de atributos de serviço aplicáveis genericamente a todos os serviços de EVC e, separadamente, a todos os serviços de OVC. O MEF define então sub-conjuntos de parâmetros e valores dos atributos de serviço desses conjuntos, aplicáveis a cada um dos serviços.

O presente capítulo tem como objetivo abordar os serviços Ethernet de EVC com maior profundidade, particularmente em termos dos atributos de serviço aplicáveis a cada um desses serviços, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

O padrão MEF 10.3 (*Ethernet Services Attributes Phase 3*) define os atributos de serviços para os serviços de EVC. O padrão MEF 6.2 (*EVC Ethernet Services Definitions Phase 3*), por sua vez, define a aplicação específica desses atributos de serviço para cada tipo de serviço de EVC.

Este capítulo tem como fundamento o padrão MEF 10.3 e o padrão MEF 6.2.

## 4.2 – REVISÃO CONCEITUAL

O subitem 2.8.1 do Capítulo 2 deste livro aborda conceitualmente, com base no padrão MEF 6.2, os serviços Ethernet de EVC. O presente item tem como propósito proporcionar uma revisão desses conceitos de modo a facilitar a consulta pelo leitor.

Foram definidos três serviços de EVC básicos:

- Serviços E-Line (*Ethernet Line*);
- Serviços E-LAN (*Ethernet LAN*);
- Serviços E-Tree (*Ethernet Tree*).

A diferenciação entre esses tipos de serviço de EVC tem como base nos tipos de EVC que os suportam.

Para os serviços E-Line as EVCs são do tipo ponto a ponto. Para os serviços E-LAN as EVCs são do tipo multiponto a multiponto, enquanto que para os serviços E-Tree as EVCs são do tipo multiponto com raiz.

Os serviços de EVC básicos apresentam suas versões de serviços específicos, cujas definições têm como base os conceitos de serviços privativos e de serviços privativos virtuais:

Os serviços de EVC específicos são os seguintes:

- Serviços E-Line: Serviço EPL ( *Ethernet Private Line*) e serviço EVPL ( *Ethernet Virtual Private Line*);
- Serviços E-LAN: Serviço EP-LAN ( *Ethernet Private LAN*) e serviço EVP-LAN ( *Ethernet Virtual Private LAN*);
- Serviços E-Tree: Serviço EP-Tree ( *Ethernet Private Tree*) e serviço EVP-Tree ( *Ethernet Virtual Private Tree*).

A figura 4.2 resume a relação entre os serviços de EVC básicos e os correspondentes serviços específicos.

Service Type	Port-Based (All to One Bundling)	VLAN-Based (EVC identified by VLAN ID)
<b>E-Line</b> (Point-to-Point EVC)	Ethernet Private Line (EPL)	Ethernet Virtual Private Line (EVPL)
<b>E-LAN</b> (Multipoint-to-Multipoint EVC)	Ethernet Private LAN (EP-LAN)	Ethernet Virtual Private LAN (EVP-LAN)
<b>E-Tree</b> (Rooted-Multipoint EVC)	Ethernet Private Tree (EP-Tree)	Ethernet Virtual Private Tree (EVP-Tree)

**Figura 4.2– Serviços de EVC privativos e privativos virtuais (MEF 6.2, Tabela 3).**

Os serviços de EVC privativos são de mais fácil visualização do que os serviços de EVC privativos virtuais, pois as suas configurações correspondem exatamente aos respectivos tipos de EVC.

O MEF sub-classifica os serviços Ethernet de EVC e de OVC em serviços gerais e serviços específicos.

Os serviços Ethernet básicos constituem categorias de serviço que apresentam algumas características em comum. Cada serviço Ethernet básico é prestado sob a forma de diferentes serviços específicos.

### 4.3- ATRIBUTOS DE SERVIÇO PARA SERVIÇOS DE EVC

Os atributos de serviço para serviços Ethernet de EVC encontram-se definidos no padrão MEF 10.3 (*Ethernet Services Attributes Phase 3*), complementado pelo padrão MEF 10.3.1 (*Composite Performance Metric (CPM) Amendment to MEF 10.3*) e pelo padrão MEF 10.3.2 (*UNI Resiliency Enhancement Amendment to MEF 10.3*).

O padrão MEF 10.3 obsoletou e substituiu os padrões MEF 10.2 e MEF 10.2.1, tendo introduzido novos atributos de serviço e alterado alguns atributos de serviço existentes.

Para cada atributo de serviço existe um ou mais parâmetros que especificam o atributo. Cada um desses parâmetros assume valores em conformidade com as especificidades do serviço a que se referem.

Os valores assumidos por esses parâmetros são de vários tipos, como, por exemplo, os seguintes tipos:

- Lógico (verdadeiro ou falso);
- Valor numérico;
- Largura de Banda;
- Protocolo;
- Vetor de valores de tipos múltiplos;
- Cadeia de caracteres.

Foram definidos três tipos de serviços Ethernet para EVC gerais, que são os serviços E-Line, E-LAN e E-Tree. Esses serviços gerais são sub-divididos em serviços privativos e em serviços privativos virtuais

Os atributos de serviço definidos pelo padrão MEF 10.3 dizem respeito à totalidade dos serviços *Ethernet* básicos. A aplicação específica desses atributos para cada um desses serviços será apresentada no Capítulo 4 deste livro.

Antes do ingresso e após o egresso de Quadros de Serviço de Dados em uma EVC, esses quadros podem ser quadros *untagged* ou quadros *C-tagged* (*Client-tagged*).

Os quadros *C-tagged*, identificados por possuírem o campo TPID (*Tag Protocol Identifier*) com o valor 0x8100, podem ser quadros *priority tagged* ou quadros *C-VLAN tagged*.

Quadros *priority tagged* transportam o valor 0X000 como VLAN ID, não possuindo, portanto, indicação de VLAN.

Quadros *C-VLAN tagged*, por transportarem VLAN IDs positivos, são possuidores da indicação da VLAN a que pertencem.

Se o campo TPID de quadros de serviço *VLAN tagged* possui o valor 0X8808, esses quadros são denominados quadros *S-VLAN tagged*, onde o S significa *Service*. Os quadros *S-VLAN tagged* são utilizados não apenas em redes PB (*Provider Bridging*) e em redes PBB (*Provider Backbone Bridging*), mas também em quadros de

serviço em trânsito através de uma ENNI e, no caso de OVCs Agrupadas, também no trânsito entre ENNIs.

O padrão MEF 10.3 considera os seguintes agrupamentos de atributos de serviço para os serviços de EVC:

- Atributos de serviço de EVC;
- Atributos de serviço de UNI;
- Atributos de serviço de EVC por UNI;
- Atributos de serviço de desempenho aplicáveis a múltiplas EVCs.

Os atributos de serviço de UNI são também aplicáveis aos serviços de OVC.

#### **4.3.1-Atributos de Serviço de EVC**

Uma EVC (*Ethernet Virtual Connection*) representa um conceito de fundamental importância para a constituição de serviços *Carrier Ethernet*. Foram definidos pelo padrão MEF 10.3 diversos atributos de serviço de EVC, os quais serão vistos adiante neste item.

Uma EVC é uma associação entre duas ou mais UNIs de uma rede *Carrier Ethernet*. A EVC pressupõe a existência de uma rede de suporte que possibilite a comunicação entre as UNIs. Essa associação independe da tecnologia utilizada na rede de suporte, seja ela orientada a conexão ou sem conexão.

O padrão MEF 10.3 não define Ponto de Terminação de EVC. Como será visto adiante, o padrão MEF 26.2 define Ponto de Terminação de OVC e o padrão MEF 28 define Ponto de Terminação de VUNI. O padrão MEF 32 (*Requirements for Service Protection Across External Interfaces*) define Ponto de Terminação de Serviço (SEP), que engloba, além dos pontos de terminação já citados neste parágrafo, também Pontos de Terminação de EVC em uma UNI.

A Figura 4.3 apresenta um quadro contendo a relação dos atributos de serviço de EVC definidos no padrão MEF 10.3.

Atributos	Valores
Tipo de EVC	Ponto a Ponto, Multiponto a Multiponto ou Multiponto com Raiz
EVC ID	Um Display String não nulo da RFC 2579 que não possua mais que 45 caracteres
Lista de UNIs	Uma lista de pares <UNI IP, UNI Role>
Número Máximo de UNIs	Valor 2 para EVC ponto a ponto e valor igual ou superior a 3 para os outros tipos de EVC
Entrega de Quadros de Serviço Unicast	Entrega Incondicional ou Entrega Condicional
Entrega de Quadros de Serviço Multicast	Entrega Incondicional ou Entrega Condicional
Entrega de Quadros de Serviço Broadcast	Entrega Incondicional ou Entrega Condicional
Preservação de CE-VLAN ID	Habilitado ou Desabilitado
Preservação de CE-VLAN CoS	Habilitado ou Desabilitado
Processamento de Protocolos de Controle de Camada 2	Requisitos para quadros de serviço L2CP estão contidos no padrão MEF 45 (ver capítulo 8 deste livro)
Desempenho de EVC	Objetivos e parâmetros de desempenho como descritos na seção 8.8 do padrão MEF 6.2
Tamanho Máximo de Quadro de Serviço de EVC	Inteiro $\geq 1522$

Figura 4.3– Atributos de serviço de EVC (MEF 10.3, Tabela 27).

#### 4.3.1.1-Atributo de Serviço Tipo de EVC

O Tipo de EVC (*EVC Type*) representa um atributo de serviço de EVC. Existem três tipos de EVC:

- EVC ponto a ponto;
- EVC multiponto a multiponto;
- EVC multiponto com raiz.

As EVCs multiponto a multiponto e as EVCs multiponto com raiz são denominadas, em conjunto, EVCs multiponto.

- **EVCs Ponto a Ponto**

Em uma EVC ponto a ponto, exatamente duas UNIs são associadas entre si. Quadros que ingressam em uma dessas UNIs são dirigidos exclusivamente para a outra UNI dessa EVC. A comunicação limita-se ao tráfego entre o par de UNIs associado.

A Figura 4.4 ilustra o conceito de EVC ponto a ponto.

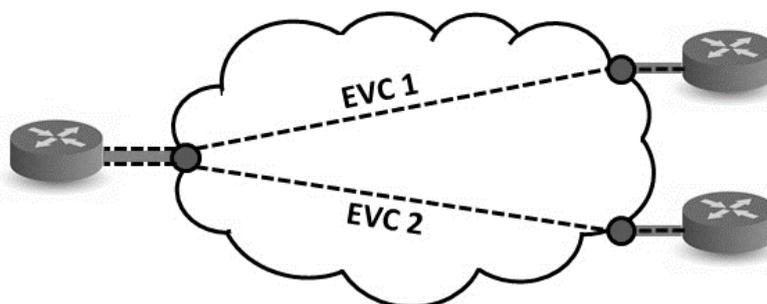


Figura 4.4 – EVCs ponto a ponto (MEF 10.3, Figura 2).

- **EVCs Multiponto a Multiponto**

A Figura 4.5 apresenta uma configuração ilustrativa de uma EVC multiponto a multiponto.

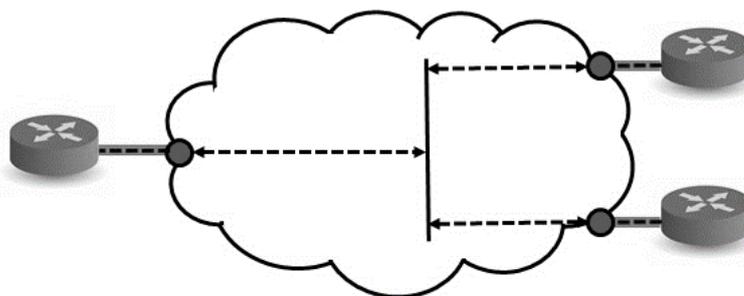


Figura 4.5– EVC multiponto a multiponto (MEF 10.3, Figura 4).

Em uma EVC multiponto a multiponto, duas ou mais UNIs devem estar necessariamente associadas entre si. Um quadro de serviço que ingressa na EVC através de uma das UNIs associadas jamais resultará em um quadro de serviço entregue em uma outra UNI que não faça parte da EVC.

Tipicamente, um quadro de serviço *broadcast* ou *multicast* entrante em uma certa UNI será replicado na rede *Carrier Ethernet*, e uma cópia desse quadro será entregue em cada uma das demais UNIs que participam da EVC em questão. Esse tipo de entrega também ocorre no caso quadros *unicast* para os quais ainda não tenha sido aprendida a associação do endereço MAC de destino (MAC DA) com um par EVC, UNI. Caso a aprendizagem tenha ocorrido, esse quadro será entregue diretamente na UNI correspondente ao endereço MAC de destino.

- **EVCs Multiponto com Raiz**

A Figura 4.6 ilustra o conceito de EVC multiponto com raiz.

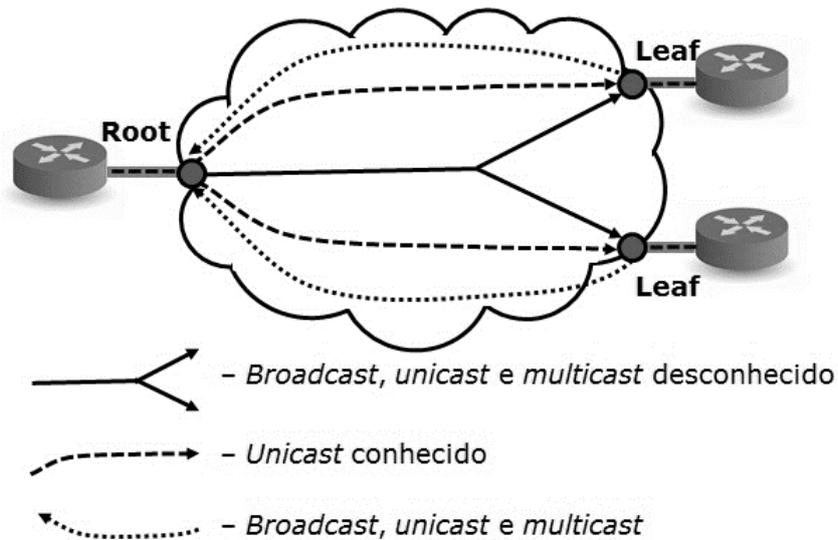


Figura 4.6– EVC multiponto com raiz (MEF 10.3, Figura 3).

Nesse tipo de EVC, uma ou mais UNIs da EVC são designadas como UNIs Raiz. As demais UNIs são designadas como UNIs Folha. Quadros mapeados na EVC que partem de uma UNI Raiz são dirigidos para uma ou mais das outras UNIs Raiz e/ou para uma ou mais UNIs Folha, dependendo do endereço MAC de destino desses quadros.

Um quadro de serviço mapeado na EVC que parte de uma UNI Folha jamais deve resultar em um quadro de serviço que egressa por outra UNI Folha, sendo um quadro de serviço que egressa por uma UNI Raiz ou por múltiplas UNIs Raiz.

#### 4.3.1.2 - Atributo de Serviço EVC ID

O atributo de serviço EVC ID é um valor arbitrário, administrado pelo provedor de serviços, que é utilizado para identificar uma EVC dentro de uma rede *Carrier Ethernet*. O valor de EVC ID deve ser globalmente único na rede a que pertence, não sendo transportado em qualquer campo de um quadro de serviço (o seu propósito é de cunho de controle e de gerenciamento).

#### 4.3.1.3- Atributo de Serviço UNI List

Esse atributo de serviço consiste em uma lista de pares <UNI *identifier*, UNI *type*>, englobando todas as UNIs que compõem uma EVC. O tipo de UNI pode ser UNI Raiz ou UNI Folha. Se a EVC for do tipo ponto a ponto ou multiponto a multiponto, todas as suas UNIs são UNIs Raiz.

No caso de EVC multiponto com raiz, as suas UNIs poder ser UNIs Raiz ou UNIs Folha.

#### 4.3.1.4 -Atributo de Serviço Número Máximo de UNIs (MNU)

O atributo de serviço MNU (*Maximum Number of UNIs*) especifica o número máximo de UNIs permitido em uma lista de UNIs. Para uma EVC ponto a ponto o MNU é igual a dois, enquanto que para os demais tipos de EVC o MNU pode ser igual ou superior a dois.

#### 4.3.1.5 - Atributos de Serviço Entrega de Quadros de Serviço de Dados

Os atributos de serviço Entrega de Quadros de Serviço de Dados (*Data Service Frame Delivery*) dizem respeito aos tipos de quadros de serviço e ao tratamento (*disposition*) e à transparência de Quadros de Serviço de Dados.

- **Tipos de Quadros de Serviço**

São os seguintes os tipos de quadros de serviço:

- Quadros de Serviço de Protocolo de Controle de Camada 2;
- Quadros de Serviço de SOAM (*Service OAM*);
- Quadros de Serviço de Dados (que englobam Quadros de Serviço de Dados Unicast, Multicast e Broadcast).

Um Quadro de Serviço de Protocolo de Controle de Camada 2 é um quadro de serviço utilizado em um protocolo de controle de camada 2 reconhecido. Esse tipo de quadro é também referido como um Quadro L2CP.

Um quadro de serviço cujo endereço MAC de destino é um dos endereços listados na Figura 4.7 deve ser tratado como um Quadro de Serviço de Protocolo de Controle de Camada 2.

<b>MAC Destination Addresses</b>	<b>Description</b>
01-80-C2-00-00-00 through 01-80-C2-00-00-0F	Bridge Block of protocols
01-80-C2-00-00-20 through 01-80-C2-00-00-2F	MRP Block of protocols

Figura 4.7 – Endereços L2CP padronizados (MEF 10.3, Tabela 3).

Alguns protocolos de controle de camada 2 podem compartilhar um mesmo endereço MAC de destino, sendo identificados por campos adicionais tais como o *Ethertype*. Dessa forma o tratamento de quadros de serviço pode ser diferente para diferentes protocolos que utilizam o mesmo endereço MAC de destino.

Um provedor de serviço pode definir endereços MAC DA adicionais à relação da Figura 4.7 para a identificação de protocolos de controle de camada 2.

Os Quadros de Serviço de Protocolo de Controle de Camada 2 serão tratados no Capítulo 8 deste livro, com base no padrão MEF 45 (*Multi-CEN L2CP*).

Um quadro de serviço cujo endereço MAC de destino não indica tratar-se de um Quadro de Serviço de Protocolo de Controle de Camada 2 e cujo valor *Ethertype* é igual a 0x8902 é definido como sendo um Quadro de Serviço de SOAM (Service OAM). Esse tipo de quadro de serviço será abordado no Capítulo 9 deste livro.

Um quadro de serviço que não seja um Quadro de Serviço de Protocolo de Controle de Camada 2 nem em Quadro de Serviço de SOAM é definido como sendo um Quadro de Serviço de Dados.

Um Quadro de Serviço de Dados com endereço MAC de destino unicast é referido como um Quadro de Serviço de Dados Unicast. O mesmo pode ser dito com relação a Quadros de Serviço de Dados Multicast e a Quadros de Serviço de Dados Broadcast.

- **Tratamento de Quadros de Serviço de Dados**

Um Quadro de Serviço de Dados que não seja descartado em seu ingresso, está sujeito aos seguintes possíveis tratamentos:

- Descarte;
- Despacho incondicional;
- Despacho condicional.

O despacho incondicional de um Quadro de Serviço de Dados ocorre, tipicamente, em EVCs ponto a ponto.

O despacho condicional desses quadros só ocorre se certas condições tenham sido atendidas. Uma dessas condições é aquela em que tenha ocorrido previamente a aprendizagem de um endereço MAC unicast em uma EVC multiponto. Nesse caso, um quadro de serviço de ingresso com esse endereço MAC como destino só será despachado para a UNI onde se encontra esse endereço.

Um outro exemplo é a ocorrência de estrangulamento de tráfego multicast ou broadcast, do que pode resultar o descarte de quadros.

Deve ser especificada uma opção diferente para Quadros de Serviço de Dados Unicast, Multicast e Broadcast.

- **Transparência de Quadros de Serviço de Dados.**

Quadros de Serviço de Dados podem ser, no ingresso ou no egresso, quadros *VLAN-tagged* ou quadros *untagged*, em qualquer combinação.

Transparência de Quadros de Serviço de Dados diz respeito à ocorrência de mutação dos valores dos campos desses quadros, entre o ingresso e o egresso. Esses valores podem ser imutáveis, mutáveis ou mutáveis se presentes.

A título de ilustração, a figura 4.8 exibe a transparência quando os Quadros de Serviço de Dados ingressam na EVC e egressam dessa EVC como quadros *VLAN-tagged*.

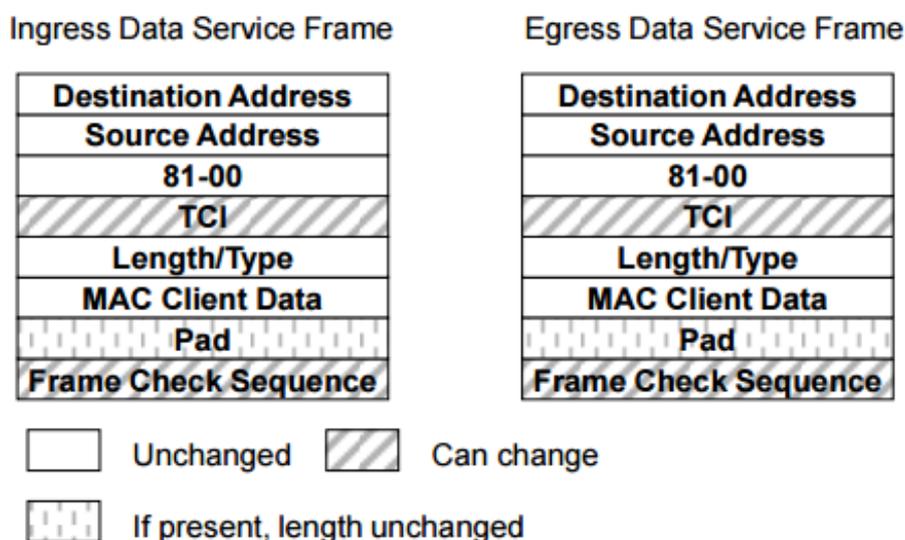


Figura 4.8 – Transparência de quadros VLAN-tagged (MEF 10.3, Figura 5).

Observa-se nessa figura que o conteúdo do campo TCI (*Tag Control Informations*) é mutável, uma vez que está sujeito à não ocorrência de preservação de CE – VLAN ID (mutação do sub-campo CE – VLAN ID) e à não ocorrência de preservação de CE-VLAN CoS (mutação do sub-campo PCP).

Caso o campo PAD possua algum valor, o que pode ocorrer em função do tamanho do payload do quadro de serviço, esse valor pode ser alterado no caso de mudanças nos valores de MTU (*Maximum Transmission Unit*) das redes envolvidas.

Os valores do FCS dos Quadros de Serviço de Dados são também mutáveis, devendo ser recalculados quando do egresso desses quadros.

Os demais campos dos quadros, ou seja, os endereços MAC de origem e destino, o TPID (*Tag Control Identifier*), o campo *Length/Type (Ethertype)* e o payload do quadro, são imutáveis.

#### 4.3.1.6 – Preservação de CE-VLAN Tags

Quadros de serviço em uma UNI podem conter um *VLAN tag* IEEE 802.1Q. Os *VLAN tags* em uma ECV são denominados *CE-VLAN tags (Customer Edge VLAN tags)*. Os VLAN IDs e VLAN-CoSs dos *CE-VLAN tags* são designados, respectivamente, como CE-VLAN IDs e CE-VLAN CoSs.

Uma EVC pode possuir dois atributos de serviço relacionados a *CE-VLAN tags*, que são o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID e o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN CoS. Como se trata de atributos de serviço de

EVC, eles se aplicam a uma EVC como um todo, com o mesmo valor para todas as UNIs dessa EVC.

- **Atributo de Serviço Preservação de CE-VLAN ID**

O atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID foi já apresentado no subitem 2.5.1 e no subitem 2.6.2 do Capítulo 2 deste livro.

- **Atributo de Serviço Preservação de CE-VLAN CoS**

O atributo de serviço Preservação de CE-VLAN CoS pode assumir o valor Habilitado (*Enabled*) ou o valor Desabilitado (*Disabled*).

Em uma EVC com o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN CoS (*CE-VLAN CoS Preservation*) Habilitado, um quadro de serviço de egresso resultante de um quadro de serviço de ingresso que contenha um valor de CE-VLAN CoS deverá possuir esse mesmo valor de CE-VLAN CoS.

Como o CE-VLAN ID CoS diz respeito ao campo PCP do *CE-VLAN tag* de um quadro de serviço, a habilitação do atributo de serviço Preservação de CE-VLAN CoS significa que os quadros de serviço de ingresso e de egresso devem ser quadros de serviço *CE-VLAN tagged*, e o valor do campo PCP deve ser o mesmo nesses quadros de serviço.

Quando o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN CoS em uma EVC se encontra Habilitado e o Color ID é baseado no CE-VLAN tag PCP, o provedor de serviço não pode alterar a Cor de um quadro de serviço.

Contudo, se o Color ID for baseado no CE-VLAN tag DEI, o provedor de serviço pode alterar a Cor de um quadro de serviço ainda que o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN CoS se encontre Habilitado.

#### **4.3.1.7-Atributo de Serviço Processamento de Protocolo de Controle de Camada 2 em EVC**

O atributo de serviço Processamento de Protocolo de Controle de Camada 2 em EVCs, embora conste da relação de atributos de serviço da Figura 4.1 sendo referido ao padrão MEF 6.1.1 já obsoleto, não consta da relação de atributos de serviço equivalente no padrão MEF 6.2.

O processamento de protocolos de controle de camada 2 será abordado no Capítulo 8 deste livro, que tem como base o padrão MEF 45 (*Multi-CEN L2CP*). Observa-se que o padrão MEF 45 obsoleto e substituiu o padrão MEF 6.1.1.

#### **4.3.1.8- Atributos de Serviço Desempenho Relacionado a EVC**

Os atributos de serviço Desempenho Relacionado a EVC (*EVC Related Performance*) de que trata este subitem foram definidos no item 8.8 do padrão MEF 10.3.

O desempenho em uma EVC é especificado mediante a utilização de uma ou mais Métricas de Desempenho (*Performance Metrics*). Uma Métrica de Desempenho em uma EVC é uma caracterização quantitativa da qualidade no despacho de um quadro de serviço nessa EVC.

O subitem 8.8 do padrão MEF 10.3 especifica as seguintes Métricas de Desempenho para quadros de serviço em uma EVC:

- *One-way Frame Delay Performance;*
- *One-way Frame Delay Range Performance;*
- *One-way Mean Frame Delay Performance;*
- *One-way Inter-Frame Delay Variation Performance;*
- *One-way Frame Loss Ratio Performance;*
- *One-way Availability Performance;*
- *One-way Resiliency Performance expressed as High Loss Intervals;*
- *One-way Resiliency Performance expressed as Consecutive High Loss Intervals;*
- *One-way Group Availability Performance.*

A especificação técnica do nível de serviço oferecido pelo provedor de serviço ao usuário deve ser definido em uma SLS (*Service Level Specification*). Os objetivos relacionados a uma dada Métrica de Desempenho pode ou não estar especificados na SLS.

Se a SLS especificar um objetivo relacionado a uma dada Métrica de Desempenho, então na SLS deve constar as especificações dos parâmetros relacionados a esse objetivo.

O desempenho em redes Carrier Ethernet será abordado no Capítulo 9 deste livro, referente a SOAM, com base principalmente no padrão MEF 17 (*Service OAM Framework and Requirements*) e no padrão MEF 35.1 (*Service OAM Performance Monitoring Implementation Agreement*). Será considerado naquele capítulo também o item 8.8 do padrão MEF 10.3.

#### **4.3.1.9- Atributo de Serviço Tamanho Máximo da Unidade de Transmissão (MTU) para EVC**

O atributo de serviço Tamanho Máximo da Unidade de Transmissão para EVC (*EVC Maximum Transmission Unit Size*) indica o tamanho da MTU (*Maximum Transmission Unit*) para uma EVC, medido por um número inteiro positivo de octetos.

Todas as UNIs dessa EVC devem ser capazes de suportar esse valor de MTU, cujo tamanho deve ser igual ou superior a 1522 octetos. Qualquer quadro de serviço VLAN tagged cujo tamanho exceda a MTU deveria ser descartado.

O valor da MTU para uma EVC, embora deva ser igual ou superior a 1522 octetos, deve ser igual ou inferior à menor das MTUs para todas as UNIs associadas a essa EVC.

#### 4.3.2-Atributos de Serviço de UNI

Este item descreve os atributos de serviço em cada UNI.

Uma UNI pode ter um número de características importantes quanto à forma pela qual o respectivo equipamento CE define um serviço. Por exemplo, um serviço simples pode requerer que todas as UNIs de uma EVC tenham a mesma velocidade na camada física. Um serviço mais sofisticado, todavia, pode permitir uma grande variedade de velocidades nas UNIs de uma EVC.

A Figura 4.9 apresenta a relação de atributos de serviço de UNI.

Atributos	Valores
UNI ID	Um Display String não nulo da RFC 2579 que não possua mais que 45 caracteres
Camada Física	Uma PHY Ethernet Padrão conforme padrão IEEE 802.3 – 2012 excluindo 1000BASE-PX-D e 1000BASE-PX-U
Modo Síncrono	Habilitado ou Desabilitado para cada Link Físico que Implementa a UNI
Número de Links	$\geq 1$
Resiliência de UNI	None ou Link Aggregation
Formato de Quadro de Serviço	Conforme padrão IEEE 802.3-2012
Tamanho Máximo de Quadro de Serviço UNI	Número inteiro $\geq 1522$
Multiplexação de Serviços	Habilitado ou Desabilitado
CE-VLAN ID para Quadros de Serviço Untagged e Priority Tagged	Número Inteiro na Faixa 1,2,...,4094
Mapa CE-VLAN ID/EVC	Conforme subitem 4.3.2.10 deste livro
Número Máximo de EVCs	Número inteiro $\geq 1$
Agrupamento (Bundling)	Habilitado ou Desabilitado
All to One Bundling	Habilitado ou Desabilitado
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por UNI	Valor <i>No</i> ou valor <i>Parameters</i> conforme subitem 4.3.2.15 deste livro
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por UNI	Valor <i>No</i> ou valor <i>Parameters</i> conforme subitem 4.3.2.16 deste livro
OAM de Link	Habilitado ou Desabilitado
MEG de UNI	Habilitado ou Desabilitado
E-LMI	Habilitado ou Desabilitado
Processamento de Protocolo de Controle de Camada 2	Requisitos para quadros de serviço L2CP estão contidos no padrão MEF 45 (ver capítulo 8 deste livro)

Figura 4.9– Atributos de serviço de UNI (MEF 10.3, Tabela 26).

O padrão MEF 6.2 acrescentou os seguintes atributos de serviços de UNI:

- *Token Share*;
- *Envelopes*;
- *UNI L2CP Address Set*;
- *UNI L2CP Peering*.

Além disso, o padrão MEF 6.2 não relaciona o atributo de serviço Processamento de L2CPs.

#### **4.3.2.1- Atributo de Serviço Identificador de UNI**

O provedor de serviços deve atribuir um valor arbitrário de identificação para cada UNI (*UNI Identifier*), representado por uma sequência arbitrária de caracteres. Tais valores devem ser globalmente únicos entre todas as UNIs da respectiva CEN.

#### **4.3.2.2- Atributo de Serviço Camada Física**

Uma UNI pode ser implementada com um ou mais links físicos, sendo que cada um desses links físicos pode utilizar uma diferente camada física (*Physical Layer*, também referida como PHY).

O atributo de serviço Camada Física constitui-se em uma lista de camadas físicas em uma UNI, sendo cada uma dessas camadas físicas associada a um dos links físicos utilizados na UNI.

A camada física para cada link físico deve operar no modo full-duplex, devendo cada uma dessas camadas físicas ser uma das PHYs relacionadas no padrão IEEE 803-2012, excluindo porém as PHYs 1000BASE-PX-D e 1000BASE-PX-U.

#### **4.3.2.3- Atributo de Serviço Modo Sincrono**

O atributo de serviço Modo Sincrono (*Synchronous Mode*) consiste em uma lista com um item para cada um dos links físicos que implementam a UNI.

Cada um dos itens da lista pode assumir o valor habilitado (*Enabled*) ou o valor desabilitado (*Disabled*).

Quando o valor de um item se encontra habilitado, duas condições devem ser satisfeitas:

- Os bits transmitidos da CEN para o CE no link físico correspondente ao item podem ser utilizados pelo CE como uma referência de relógio (*bit clock*);

- O provedor de serviço deve especificar a qualidade da referência de relógio que está sendo provida no link físico correspondente ao item.

#### 4.3.2.4– Atributo de Serviço Número de Links

Conforme menção anterior, uma UNI pode ser implementada com um ou mais links físicos. O atributo de serviço Número de Links especifica o número de links utilizados na UNI.

Quando existem dois links físicos em uma UNI, é necessário que se utilize um mecanismo de proteção identificado com um valor do atributo de serviço Resiliência de UNI (*UNI Resiliency*) especificado no subitem subsequente.

O padrão MEF 10.3 não especifica qualquer mecanismo de proteção para o caso em que uma UNI utilize mais que dois links físicos, deixando a incumbência dessa especificação para futuras edições.

#### 4.3.2.5– Atributo de Serviço Resiliência de UNI

O atributo de serviço Resiliência de UNI pode assumir um dos seguintes valores:

- *None* (Nenhum): quando o número de links físicos na UNI é igual a um;
- *2-Link Aggregation*: quando o número de links físicos na UNI é igual a dois;
- *Other* (Outro): quando o número de links físicos na UNI é igual ou maior que três.

Quando o valor do atributo de serviço Resiliência de UNI for *2-Link Aggregation*, a CEN deve suportar Agregação de Links como definida na cláusula 5.6.1 do padrão IEEE 802.1AX-2008, com um LAG (*Link Aggregation Group*) através dos links suportando a UNI. Um desses links deve estar no Modo Ativo e o outro no Modo Standby.

#### 4.3.2.6– Atributo de Serviço Formato de Quadro de Serviço

O formato de um quadro de serviço *C-VLAN tagged* encontra-se representado na Figura 2.14 do Capítulo 2 deste livro. Conforme menção naquele capítulo, o formato de um quadro *untagged* é o daquela figura retirando-se os quatro octetos referentes ao *C-tag*.

Observa-se que um quadro de serviço de ingresso contendo menos que 64 octetos deve ser descartado.

#### 4.3.2.7-Atributo de Serviço Tamanho Máximo da Unidade de Transmissão (MTU) na UNI

Da mesma forma que uma EVC, uma UNI possui também um tamanho de MTU específico, sendo que esse tamanho deve ser igual ou superior a 1522 octetos. Ressalva-se que o tamanho da MTU para cada EVC em uma UNI deve ser no máximo igual ao menor dos tamanhos da MTU nessa UNI e nas demais UNIs associadas à EVC.

#### 4.3.2.8-Atributo de Serviço Multiplexação de Serviços

Uma determinada UNI pode suportar mais de uma EVC, mediante o uso do atributo Multiplexação de Serviços (*Service Multiplexing*). A multiplexação pode ocorrer com EVCs ponto a ponto ou multiponto, em qualquer combinação, na UNI.

A Figura 4.10 apresenta um exemplo típico de multiplexação de serviços em uma UNI, por EVCs ponto a ponto.

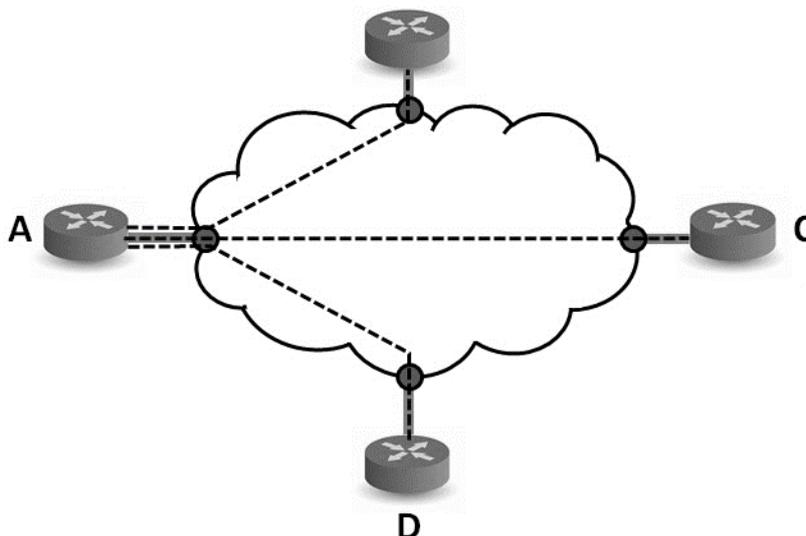


Figura 4.10– Multiplexação de Serviços na UNI A com EVCs ponto a ponto (MEF 10.3, Figura 17).

Nessa figura, a UNI A é multiplexada de forma a atender, em uma única interface física, três diferentes EVCs, que terminam nas UNIs B, C e D.

O atributo de serviço Multiplexação de Serviços foi já apresentado, com detalhes, no subitem 2.5.2 do Capítulo 2 deste livro.

#### 4.3.2.9- Atributo de Serviço CE-VLAN ID para Quadros de Serviço Untagged e Priority Tagged

Em uma dada UNI, o CE-VLAN ID pode ser utilizado para identificar uma EVC que associa essa UNI. O número máximo teórico de CE-VLAN IDs é igual a 4096 ( $2^{12}$ ), na faixa [0,1,....., 4095].

No caso de Agrupamento Todos em Um não ocorre mapeamento de CE-VLAN IDs em UNIs.

Como os valores 0 e 4095 são reservados para propósitos especiais conforme o padrão IEEE 802.1Q-2014, o número de VLANs em uma rede de usuário é tipicamente inferior a 4095.

Como quadros de serviços *C-tagged* com qualquer valor de VLAN ID e quadros *untagged* podem existir em uma UNI, e considerando-se que quadros *untagged* e quadros *priority tagged* devem possuir um único valor de CE-VLAN ID, então podem existir 4095 valores de CE-VLAN ID. No entanto, uma UNI só pode suportar um número de EVCs inferior a 4095.

#### **4.3.2.10-Atributo de Serviço Mapa CE-VLAN ID/EVC**

Um mapa CE-VLAN ID/EVC associa CE-VLAN IDs a EVCs. Esse mapeamento se aplica tanto para quadros de ingresso quanto quadros de egresso.

Para um quadro de serviço de ingresso, o Mapa CE-VLAN ID possibilita à CEN que, com base no valor de CE-VLAN ID, saiba como despachar o quadro de serviço. No egresso, o mapa permite ao CE saber, com base no CE-VLAN ID, de qual EVC o quadro de serviço procede.

Em cada UNI um determinado valor de CE-VLAN ID só pode ser mapeado em no máximo uma EVC, ou seja, em nenhuma ou em uma EVC. A recíproca, porém não é verdadeira, posto que em uma EVC podem ser mapeados múltiplos valores de CE-VLAN ID, sendo que cada um desses valores de CE-VLAN ID não pode ser mapeado em outra EVC da rede do usuário.

Quando o atributo de serviço Agrupamento, assim como o atributo de serviço Agrupamento Todos em Um, se encontra desabilitado em um conjunto de UNIs, exatamente um valor de CE-VLAN ID deve ser mapeado em qualquer EVC associando essas UNIs.

A Figura 4.11 exibe um exemplo de Mapa CE-VLAN ID/EVC.

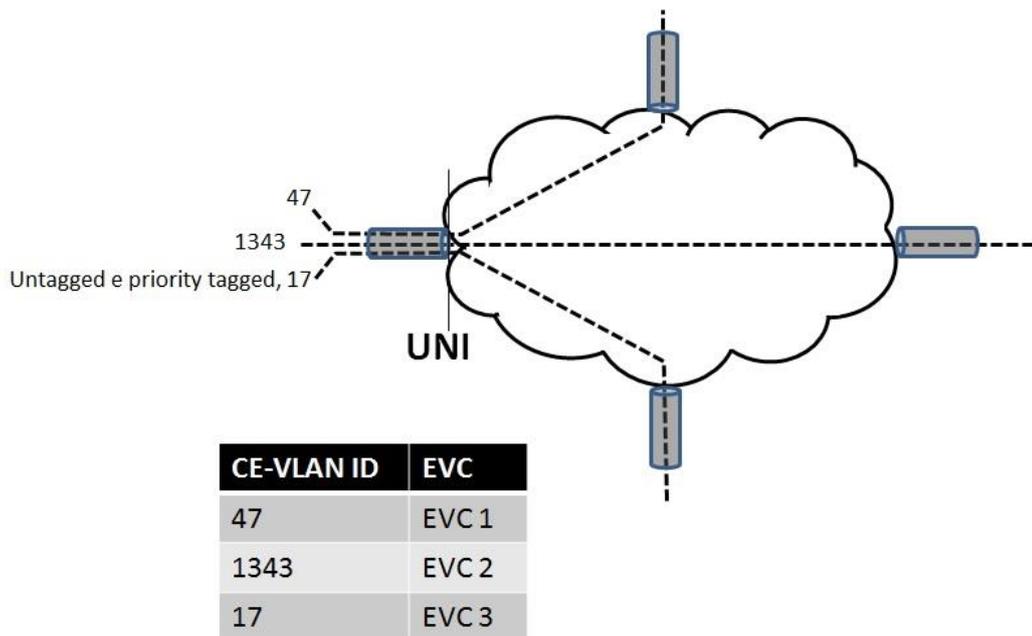


Figura 4.11 – Exemplo de Mapa CE-VLAN ID/EVC (MEF 10.3, Figura 18).

Observa-se, nessa figura, a ocorrência de Multiplexação de Serviços.

Na coluna EVC de um Mapa CE-VLAN ID/EVC, cada EVC pode ser identificada pelo respectivo UNI EVC ID ou pelo respectivo EVC ID.

Nas EVC 1 e EVC 2 só ingressam, pela UNI configurada, quadros de serviço que contenham, respectivamente, o CE-VLAN ID 47 e o CE-VLAN ID 1343. No sentido inverso, independentemente do que ocorra nas UNIs nos extremos dessas EVCs, só egressam pela UNI configurada quadros de serviço contendo, respectivamente, o CE-VLAN ID 47 e o CE-VLAN 1343.

Na EVC 3, os quadros de serviço *untagged* e *priority tagged* da rede do usuário ingressam *CE-VLAN tagged* pela UNI configurada, com o CE-VLAN ID 17.

O formato dos quadros de serviço de egresso da EVC 3 pela UNI configurada depende do estado do atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID nessa EVC. Se esse atributo de serviço estiver Desabilitado, os quadros de serviço egressam *untagged*. Se estiver Habilitado, o formato do quadro de egresso é indefinido.

O mapeamento CE-VLAN ID/EVC em uma UNI da EVC pode ser diferente desse mapeamento em outra UNI ou em outras UNIs dessa EVC. A Figura 4.12 apresenta um exemplo de mapeamentos CE-VLAN ID/EVC em duas UNIs com valores diferentes.

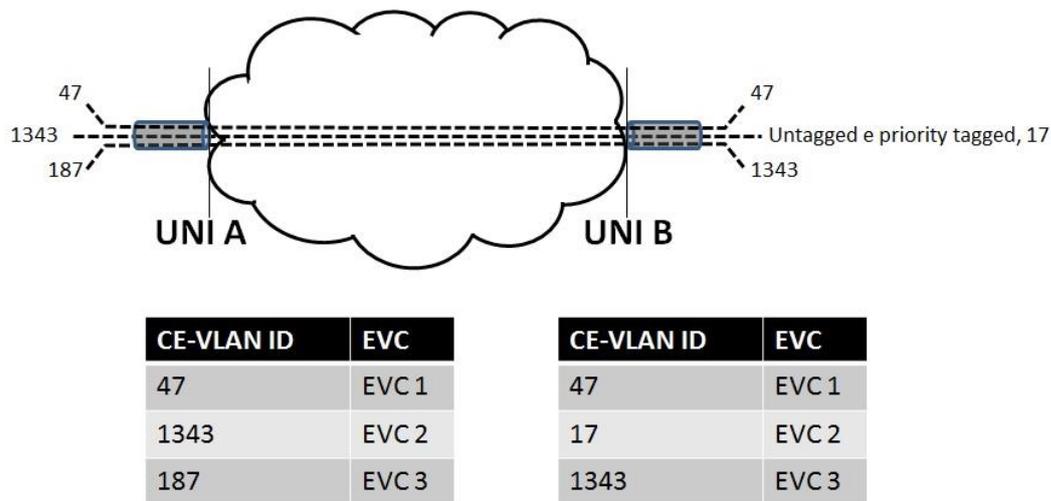


Figura 4.12– Exemplo de mapeamento CE-VLAN ID/EVC em duas UNIs (MEF 10.3, Figura 19).

Observa-se que quando o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID está Habilitado (ou seja, com o valor *Enabled*) para uma EVC, os mapeamentos para essa EVC em suas UNIs são idênticos, como ocorre na EVC 1 dessa figura. Por outro lado, para a EVC 2 e a EVC 3 dessa figura, onde o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID não está Habilitado, os mapeamentos não são idênticos.

A Figura 4.13 apresenta um outro exemplo de uso de Mapa CE-VLAN ID/EVC em que ocorre o provimento de acesso redundante para um serviço de camada superior.

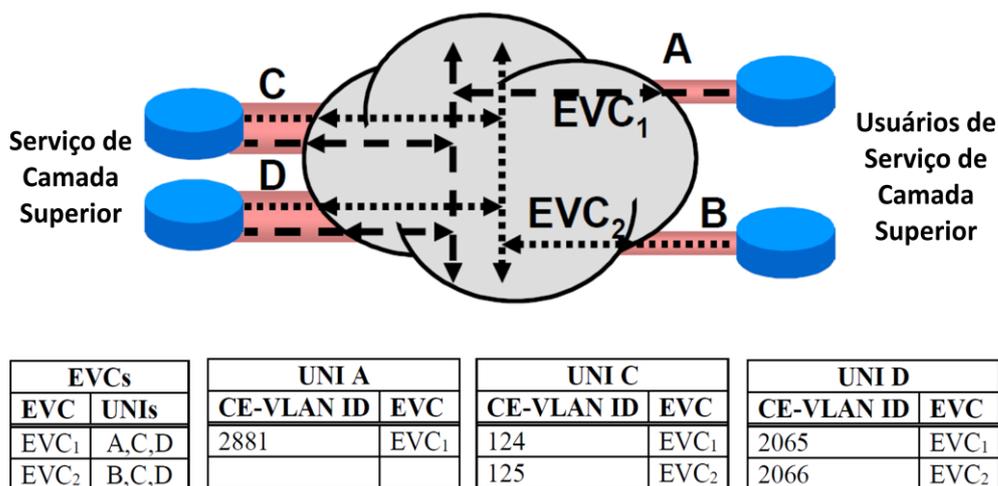


Figura 4.13-Acesso redundante para um serviço de camada superior. (MEF 10.3, Figura 36).

Nessa figura, utiliza-se Multiplexação de Serviços para duas EVCs multiponto a multiponto com redundância de acesso para um serviço de camada superior.

Como se verifica, a EVC 1 permite a comunicação A,C,D, enquanto a EVC 2 permite a comunicação B,C,D.

Pressupõe-se, na Figura 4.13, que o serviço de camada superior tenha acesso tanto à UNI A quanto à UNI B. Assim, caso uma das EVCs seja interrompida, a outra EVC manterá o atendimento do serviço. Quando uma instância do Mapa de CE-VLAN ID/EVC não contém uma entrada para um dado CE-VLAN ID em uma UNI, nenhum quadro de serviço com esse CE-VLAN ID deve ingressar por essa UNI.

O parágrafo anterior não impede o processamento de Quadros de Serviço L2CP que ingressam com um CE-VLAN ID que não mapeia em qualquer EVC no Mapa CE-VLAN ID/EVC na UNI de ingresso. Observa-se que tais quadros de serviço não resultam em quadros de serviço de egresso por qualquer outra UNI.

Em alguns cenários, pode ser necessário que o usuário e provedor de serviço se ponham de acordo com respeito ao Mapa CE-VLAN ID/EVC na UNI. Uma maneira de implementar esse acordo é fazer com que o provedor de serviço defina o mapeamento.

Observa-se também que para uma dada UNI, o Mapa CE-VLAN ID/EVC pode ser restringido pela faixa de valores de CE-VLAN ID que podem ser suportados pelo CE e a faixa de valores de CE-VLAN ID que podem ser suportados pelo provedor de serviço.

Foi previsto no padrão MEF 10.3 o futuro desenvolvimento de mecanismos dinâmicos para esse mapeamento, por meio de protocolos de sinalização. Nesse caso, poderá ser desejável especificar uma faixa de valores de CE-VLAN ID suportados pelo provedor de serviço como um atributo de UNI.

Na fase atual, a premissa é de que a resolução do Mapa CE-VLAN ID/EVC seja feita administrativamente. Portanto, não é ainda necessária a especificação desse atributo.

#### **4.3.2.11-Atributo de Serviço Número Máximo de EVCs**

Esse atributo de serviço define o número máximo de EVCs que uma UNI pode suportar.

#### **4.3.2.12-Atributo de Serviço Agrupamento**

O atributo de serviço Agrupamento (*Bundling*) foi já especificado, com detalhes, no subitem 2.5.3 do Capítulo 2 deste livro.

#### 4.3.2.13-Atributo de Serviço Agrupamento Todos em Um

O atributo de serviço Agrupamento Todos em Um (*All-to-One Bundling*) foi já especificado, com detalhes, no subitem 2.5.4 do Capítulo 2 deste livro.

#### 4.3.2.14-Perfis de Vazão de Tráfego

O padrão MEF 10.3 define um Perfil de Vazão de Tráfego (*Bandwidth Profile*) como um método que administra a transmissão de quadros de serviço com o propósito de possibilitar a imposição (*enforcement*) ou o policiamento de determinadas vazões de tráfego.

Existem dois tipos básicos de Perfil de Vazão de Tráfego:

- Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso;
- Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso.

Um Perfil de Vazão de Tráfego representa uma caracterização dos comprimentos e da frequência de chegada de quadros de serviço em um ponto de referência. Um Perfil de Vazão de Tráfego define um conjunto de parâmetros de tráfego aplicáveis a uma sequência de quadros de serviço. Associado a um Perfil de Vazão de Tráfego aplica-se um algoritmo para determinar se os quadros atendem ou não os parâmetros especificados.

Os Perfis de Vazão de Tráfego são negociados pelo provedor de serviços e pelo usuário, e seu cumprimento deve ser assegurado pelo provedor de serviço. Eles são uma parte fundamental das SLAs (*Service Level Agreements*) entre as partes, e são especificados como um conjunto de atributos de serviço associados às UNIs.

Um Perfil de Vazão de Tráfego é especificado utilizando-se os conceitos de Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego e de Envelope.

Um Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego é definido como sendo um conjunto de quadros de serviço que atingem uma UNI e que atende critérios específicos.

Um Envelope é um conjunto de Fluxos de Vazão de Tráfego posicionados, na sequência de 1 a n, em seu interior. Todos os Fluxos de Vazão de Tráfego em um envelope devem satisfazer a um único critério. Um *Envelope ID* não deve conter mais que 45 caracteres.

Os Perfis de Vazão de Tráfego são associados à UNI. Para o Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso, o ponto de referência é a UNI de ingresso. Para o Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso, o ponto de referência é a UNI de egresso.

É possível a aplicação de diferentes Perfis de Vazão de Tráfego para cada uma das UNIs de uma EVC.

- **Modelos de Perfis de Vazão de Tráfego**

Os Perfis de Vazão de Tráfego de Ingresso e de Egresso podem ser implementados em quatro modelos:

- Perfil de Vazão de Tráfego por UNI;
- Perfil de Vazão de Tráfego por EVC em uma UNI;
- Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Identificador de Classe de Serviço;
- Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Identificador de Classe de Equivalência de Egresso.

Essa relação de modelos, definida no padrão MEF 10.3, difere da relação de modelos do padrão MEF 10.2, pela introdução do Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Identificador de Classe de Equivalência de Egresso, referido como EEC ID (*Egress Equivalence Class Identifier*).

No padrão MEF 10.2 utilizava-se o Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Identificador de Classe de Serviço.

Observa-se que o padrão MEF 6.2 (*Ethernet Services Definitions Phase 3*) não utiliza os Perfis de Vazão de Tráfego por UNI e por EVC nos moldes definidos no padrão MEF 10.3, tanto no ingresso quanto no egresso. O padrão MEF 6.2 será abordado adiante neste capítulo.

No presente item, referente a atributos de serviço de UNI, será tratado apenas o primeiro desses modelos, que diz respeito a Perfil de Vazão de Tráfego por UNI.

Os três outros modelos serão abordados no subitem 4.3.3 adiante neste capítulo, que trata dos atributos de serviço de EVC por UNI.

Se existe um Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso (ou de Egresso) por UNI em uma UNI, então não pode existir qualquer outro Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso (ou de Egresso) nessa UNI.

Se existe um Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso (ou de Egresso) por EVC em uma EVC, então não pode existir qualquer Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso (ou de Egresso) por Identificador de Classe de Serviço (ou por Identificador de Classe de Equivalência de Egresso) nessa EVC.

- **CrITÉRIOS para a Especificação de Perfis de Vazão de Tráfego**

Um Perfil de Vazão de Tráfego deve ser especificado utilizando-se um dos seis seguintes critérios:

- Critério 1: Para todos os quadros de serviço de ingresso em uma UNI, e que não tenham sido descartados nos termos do padrão MEF 10.3;

- Critério 2: Para todos os quadros de serviço de ingresso em uma UNI que foram mapeados em uma EVC, e que não tenham sido descartados nos termos do padrão MEF 10.3;
- Critério 3: Para todos os quadros de serviço de ingresso em uma UNI aos quais foi atribuído um dado *CoS Name*, que foram mapeados em uma dada EVC, e que não tenham sido descartados nos termos do padrão MEF 10.3;
- Critério 4: Para todos os quadros de serviço de egresso em uma UNI;
- Critério 5: Para todos os quadros de serviço de egresso em uma UNI que tenham sido mapeados em uma dada EVC;
- Critério 6: Para todos os quadros de serviço de egresso em uma UNI que possuem uma dada Classe de Equivalência de Egresso e que tenham sido mapeados em uma dada EVC.

- **Parâmetros de Perfis de Vazão de Tráfego**

Os parâmetros que compõem os Perfis de Vazão de Tráfego são os seguintes:

- *Committed Information Rate* por Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego ( $CIR^i$ );
- *Maximum CIR* ( $CIR^i_{max}$ );
- *Committed Burst Size* por Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego ( $CBS^i$ );
- *Excess Information Rate* por Fluxo de Vazão de Tráfego ( $EIR^i$ );
- *Maximum EIR* ( $EIR^i_{max}$ );
- *Excess Burst Size* por Fluxo de Vazão de Tráfego ( $EBS^i$ );
- *Coupling Flag*  $CF^i$  por Fluxo de Vazão de Tráfego ( $CF^i$ );
- *Coupling Flag*  $CF^0$ ;
- *Color Mode* por Fluxo de Vazão de Tráfego ( $CM^i$ );
- *Envelope and Rank* ( $ER^i$ ).

Observa-se que o valor de  $i$  representa a posição do Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego no correspondente Envelope. Assim, por exemplo,  $CIR^3$  denota o valor de CIR para o terceiro Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego, e não o valor de CIR elevado ao cubo.

Esses parâmetros são aplicáveis a quadros de serviço, os quais são declarados *compliant* ou *non-compliant* pelo Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego. O grau de atendimento (*compliance*) é expresso em uma das cores verde, amarelo ou vermelho.

O  $CIR^i$  e o  $CIR^i_{max}$  são expressos em bits por segundo, e os seus valores devem ser iguais ou maiores que zero. O tráfego que atende o  $CIR^i$  deve ser conduzido normalmente pela rede. O  $CIR^i_{max}$  limita a taxa de tokens adicionados ao *committed token bucket*.

O  $EIR^i$  e o  $EIR^i_{max}$ , também medidos em bits por segundo, devem ser também iguais ou maiores que zero. O  $EIR^i$  representa o excesso de vazão de tráfego que pode ser transmitido sob certas condições de restrição. O  $EIR^i_{max}$  limita a taxa de tokens adicionados ao *excess token bucket*.

Os  $CBS^i$  e  $EBS^i$ , medidos em bytes, objetivam evitar uma concentração inaceitável de tráfego dentro do intervalo de tempo de medição de parâmetros definido pelo algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego.

O *Color Mode* ( $CM^i$ ) pode apresentar dois possíveis valores, que são o valor *color-aware* e o valor *color-blind*.

O valor *color-aware* é atribuído quando os quadros de serviço possuem uma Cor e se deseja que essa Cor seja levada em consideração.

O valor *color-blind* é utilizado para quadros de serviço que, mesmo possuindo uma Cor, essa Cor não é levada em consideração. .

O *Coupling Flag*  $CF^i$ , que só é utilizado no modo *color-aware*, pode apresentar o valor zero ou o valor 1. A função do  $CF^i$  é controlar o encaminhamento do overflow de tokens de CBSs.

O *Coupling Flag*  $CF^0$ , por sua vez pode também apresentar o valor zero ou o valor 1.

O  $ER^i$  é um par  $\langle Envelope ID, rank \rangle$ , onde o *Envelope ID* indica o Envelope ao qual o Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego pertence. O *rank* (posicionamento) indica o posicionamento do Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego dentro do Envelope, representado de 1 a n.

O Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego, bem como a sua concretização sob a denominação Algoritmo *Token Bucket* Genérico (*Generic Token Bucket Algorithm*), será tratado no Capítulo 6 deste livro, referente a Qualidade de Serviço em Carrier Ethernet, com base nos padrões MEF 10.3, MEF 23.2 (*Class of Service Phase 3 Implementation Agreement*), MEF 23.2.1 (*Models for Bandwidth Profiles with Token Sharing*) e MEF 41 (*Generic Token Bucket Algorithm*).

Observa-se apenas que a definição do Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego no padrão MEF 10.3 introduziu, com relação ao padrão MEF 10.2, um mecanismo referido como *Multi-Flow Processing with Token Sharing*. Esse mecanismo possibilita o compartilhamento priorizado de vazão de tráfego (*bandwidth*) entre diferentes Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego em um Envelope.

#### **4.3.2.15-Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por**

##### **UNI**

Um Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por UNI deve ser aplicado para quadros de serviço de ingresso contidos em um único Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego mapeado na UNI de ingresso. Essa fluxo é baseado no critério 1 apresentado no subitem 4.3.2.14 anterior deste item.

O Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego único está contido em um Envelope na UNI de ingresso.

Para esse atributo de serviço, apenas valores para os parâmetros  $\langle CIR^i, CBS^i, EIR^i, EBS^i, CF^i, CM^i \rangle$  necessitam ser especificados.

A Figura 4.14 ilustra um exemplo de aplicação de policiamento de ingresso de tráfego com um Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por UNI.

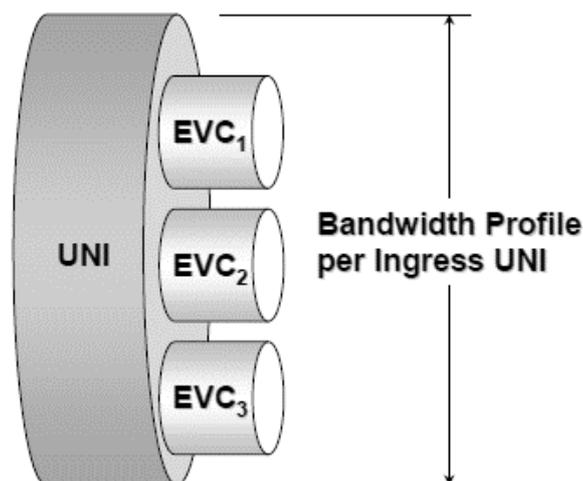


Figura 4.14– Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por UNI (MEF 10.3, Figura 22).

Como se observa nessa figura, o controle de vazão de tráfego é distribuído indiscriminadamente pelas EVCs. Isso significa que a totalidade dos quadros de serviço que ingressam pelas três EVCs da figura são submetidos a um único Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso. Então pode ocorrer que algumas EVCs possam obter mais vazão de tráfego em detrimento de outras EVCs.

#### 4.3.2.16-Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por UNI

Um Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por UNI deve ser aplicado para quadros de serviço de egresso contidos em um Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego único na UNI de egresso. Esse fluxo é baseado no critério 4 apresentado no subitem 4.3.2.14 anterior deste item.

O Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego único está contido em um Envelope na UNI de egresso.

Da mesma forma que no caso do ingresso, apenas valores para os parâmetros  $\langle CIR^i, CBS^i, EIR^i, EBS^i, CF^i, CM^i \rangle$  necessitam ser especificados.

O Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por UNI, da mesma forma que no ingresso, administra, indiscriminadamente para todas as EVCs, a vazão de tráfego na UNI de egresso. Isso possibilita que algumas EVCs utilizem mais vazão de tráfego, enquanto as outras utilizem menos.

Na Figura 4.15 encontra-se representado o atributo de serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por UNI.

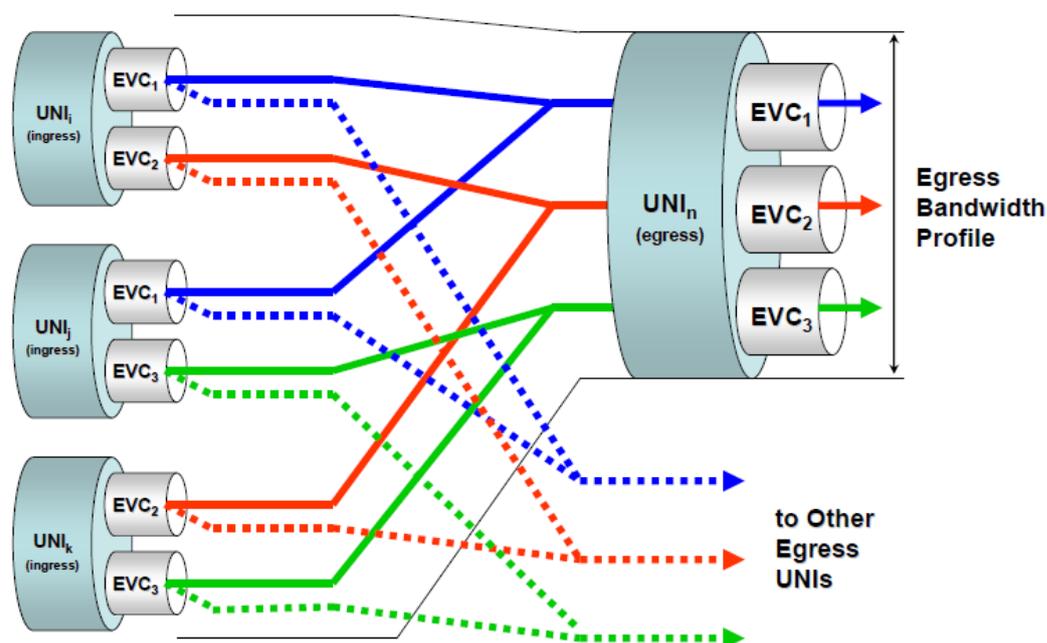


Figura 4.15– Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por UNI (MEF 10.3, Figura 23).

Nessa figura, o tráfego que cursa em três EVCs multiponto a multiponto (EVC 1, EVC 2 e EVC 3), que constituem um serviço EVP-LAN, egressa pela UNI<sub>n</sub>, onde ocorre Multiplexação de Serviços. A figura mostra também as configurações de egresso do tráfego nessas três EVCs por outras UNIs de egresso, tráfego esse originado nas mesmas três UNIs.

#### 4.3.2.17 - Atributo de Serviço OAM de Link

O atributo de serviço OAM de Link em uma UNI pode se encontrar Habilitado (*Enabled*) ou Desabilitado (*Disabled*).

Quando o valor do atributo de serviço OAM de Link se encontra Habilitado, a CEN deve suportar as capacidades do modo DTE (*Data Termination Equipment*) Ativo conforme especificação na cláusula 57.2.9 do padrão IEEE 802.3-2012, em cada um dos links na UNI.

#### 4.3.2.18– Atributo de Serviço MEG de UNI

O atributo de serviço MEG (*Maintenance End Point*) de UNI pode se encontrar habilitado ou desabilitado.

Quando o valor do atributo de serviço MEG de UNI se encontra habilitado, a CEN deve atender os requisitos obrigatórios definidos na Seção 7.9 do padrão MEF 30.1 aplicáveis à MEG de UNI. Diversos valores de parâmetros necessitam

ser definidos, sendo que o padrão MEF 10.3 apenas indica a necessidade de emissão de um IA (*Implementation Agreement*) com esse propósito.

#### **4.3.2.19 – Atributo de Serviço E-LMI**

O atributo de serviço E-LMI (*Ethernet Local Management Interface*) pode se encontrar Habilitado ou Desabilitado. Quando o valor do atributo de serviço E-LMI se encontra Habilitado, a CEN deve atender os requisitos obrigatórios definidos no padrão MEF 16 aplicáveis à UNI-N.

#### **4.3.2.20 -Atributo de Serviço Processamento de Protocolo de Controle de Camada 2 em UNI**

O atributo de serviço Processamento de Protocolo de Controle de Camada 2 (Processamento de L2CP) em UNI será abordado no Capítulo 8 deste livro, tendo como base o padrão MEF 45. Observa-se que o padrão MEF 45 obsoleto e substituiu o padrão MEF 6.1.1 que antes tratava desse tema.

Esse atributo de serviço não é considerado no padrão MEF 6.2.

#### **4.3.2.21 – Atributo de Serviço Token Share**

*Token Share* é um novo atributo de serviço introduzido no padrão MEF 6.2. É utilizado para indicar se uma dada UNI é capaz de compartilhar tokens entre Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego em um envelope.

Os valores possíveis para esse atributo de serviço é Habilitado (*Enabled*) ou Desabilitado (*Disabled*).

Uma UNI com o *Token Share* Habilitado deve ser capaz de suportar dois ou mais Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego em, no mínimo, um Envelope.

Uma UNI com o *Token Share* Habilitado deveria ser capaz de suportar dois ou mais Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego em todos os seus Envelopes.

Uma UNI com o *Token Share* Desabilitado deve suportar exatamente um Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego por Envelope.

#### **4.3.2.22 – Atributo de Serviço Envelopes**

O atributo de serviço *Envelopes* consiste em uma lista  $\langle \text{Envelope ID}, \text{CF}^0, \mathbf{n} \rangle$  em uma UNI, onde  $\mathbf{n}$  representa o número de Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego contidos no Envelope.

Os Envelopes contidos nessa lista devem conter dois ou mais Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego.

#### **4.3.2.23 – Atributo de Serviço UNI L2CP Address Set**

O atributo de serviço *UNI L2CP Address Set* especifica o subconjunto de Endereços Reservados de Bridges que são filtrados, ou seja, que não passam através da CEN ou da rede multi-CEN (ou seja, que não passam através da rede Carrier Ethernet).

Quadros de Serviço de L2CP filtrados ou são descartados ou os L2CPs neles contidos são objeto de *Peering* na rede Carrier Ethernet. Esse atributo de serviço será tratado no Capítulo 8 deste livro, que trata desse tema com base no padrão MEF 45.

#### **4.3.2.24 – Atributo de Serviço UNI L2CP Peering**

O atributo de serviço *UNI L2CP Peering* consiste em uma lista com os L2CPs que são objeto de *Peering* por uma entidade de protocolo localizada em uma UNI, uma VUNI ou uma ENNI.

Cada entrada nessa lista especifica o Identificador do L2CP e o endereço de destino em uso pela entidade de protocolo. Esse atributo de serviço será tratado no Capítulo 8 deste livro, que trata desse tema com base no padrão MEF 45.

### **4.3.3 – Atributos de Serviço de EVC por UNI**

O presente subitem apresenta os atributos de serviço que se aplicam a uma EVC em uma dada UNI.

Em uma EVC, o valor de um atributo de serviço de EVC por UNI pode ser diferente em cada uma das UNIs associadas a essa EVC.

A Figura 4.16 apresenta a relação de atributos de serviço de EVC por UNI.

<b>Atributos</b>	<b>Valores</b>
UNI EVC ID	Sequência (string) formada pela concatenação do UNI ID e do EVC ID
Identificador de Classe de Serviço (CoS ID)	Conforme subitem 4.3.3.2 deste livro
Identificador de Cor (Color ID)	Conforme subitem 4.3.3.3 deste livro
Identificador de Classe de Equivalência de Egresso (EEC ID)	Conforme subitem 4.3.3.4 deste livro
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por EVC	Valor <i>No</i> ou valor <i>Parameters</i> conforme subitem 4.3.3.5 deste livro
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por CoS ID	Valor <i>No</i> ou valor <i>Parameters</i> conforme subitem 4.3.3.6 deste livro
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EVC	Valor <i>No</i> ou valor <i>Parameters</i> conforme subitem 4.3.3.7 deste livro
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EEC ID	Valor <i>No</i> ou valor <i>Parameters</i> conforme subitem 4.3.3.8 deste livro
Limite do Número de Endereços MAC de Origem	Habilitado ou Desabilitado. Se Habilitado, consiste em um número inteiro positivo e um intervalo de tempo positivo
MEG de Teste	Habilitado ou Desabilitado
MEG MIP de Usuário	Habilitado ou Desabilitado

**Figura 4.16– Atributos de Serviço de EVC por UNI (MEF 10.3, Tabela 28).**

#### **4.3.3.1 - Atributo de Serviço UNI EVC ID**

O atributo de serviço UNI EVC ID representa uma sequência de caracteres formada pela concatenação do UNI ID com o EVC ID, que identifica uma EVC na UNI. O seu propósito é de cunho gerencial e de controle.

#### **4.3.3.2 - Atributo de Serviço Identificador de Classe de Serviço**

Cada quadro de serviço de ingresso mapeado em uma dada EVC possui um único Identificador de Classe de Serviço (CoS ID). O Identificador de Classe de Serviço pode ser determinado pela inspeção do conteúdo do quadro de serviço de ingresso.

Cada Identificador de Classe de Serviço em um quadro de serviço de ingresso corresponde a um Nome de Classe de Serviço (*CoS Name*).

Um *CoS Name* é uma designação dada, pelo provedor de serviço ou pelo operador de rede, a um ou mais conjuntos de CPOs (*CoS Performance Objectives*) e parâmetros associados a esses objetivos. São exemplos de *CoS Names* as designações *Bronze*, *Gold*, *Silver* e *Platinum*.

Quadros de serviço que possuem um mesmo *CoS Name* passam pelos mesmos tratamentos relativos a prioridade em filas a que se submetem.

Observa-se que os *CoS Names* podem ser os valores dos *CoS Labels* padronizados no padrão MEF 23.2. Os *CoS Labels*, que são *CoS Names* padronizados no padrão MEF 23.2, possuem os valores H (*High*), M (*Medium*) e L (*Low*).

Um CoS ID pode corresponder a um *CoS Name* que aponta para o descarte do quadro de serviço. Qualquer quadro de serviço de ingresso com esse CoS ID deve ser descartado.

O mapeamento de um CoS ID para um *CoS Name* para uma EVC em uma dada UNI pode ser diferente para outra EVC nessa UNI. Esse mapeamento pode ser também diferente para cada UNI associada a uma dada EVC.

Os requisitos para Identificador de Classe de Serviços para Quadros de Serviço de Dados e para Quadros de Serviço de SOAM, que são iguais ente si, são diferentes daqueles para Quadros de Serviço de Protocolo de Controle de Camada 2.

A identificação e a indicação de *CoS Labels* (H, M e L) e de *Color IDs* (*Green* e *Yellow*) a partir de valores de CE-VLAN CoS para Quadros de Serviço de Dados e de SOAM, serão vistas no Capítulo 7 deste livro, na parte referente ao padrão MEF 23.2 (*Class of Service Phase 3 Implementation Agreement*). Para Quadros de Serviço L2CP, o tratamento tem como base os padrões MEF 23.2 e MEF 45.

- **CoS ID em Quadros de Serviço de Dados**

Em uma dada EVC e em uma dada UNI deve ser utilizado um dos seguintes três métodos para determinar o CoS ID de Quadros de Serviço de Dados de ingresso:

- CoS ID baseado na EVC;
- CoS ID baseado no PCP;
- CoS ID baseado no Protocolo Internet (IP).

No primeiro método, quando o CoS ID é baseado na EVC, a todos os Quadros de Serviço de Dados de ingresso mapeados em uma dada EVC deve corresponder o mesmo CoS ID na UNI de ingresso associada a essa EVC.

Caso exista, por exemplo, diferentes EVCs associando uma mesma UNI, a cada uma dessas EVCs pode corresponder um diferente CoS ID caso se utilize esse primeiro método.

No segundo método, o CoS ID é codificado em um dos oito valores do campo PCP (ou seja, em um dos oito valores de CE-VLAN CoS), de Quadros de Serviço de Dados *VLAN- tagged* e *priority tagged* de ingresso. Um valor de CE-VLAN CoS codifica um *Color ID* além de codificar um CoS ID.

Cada possível valor de CE-VLAN CoS, que codifica um CoS ID, deve corresponder a exatamente um *CoS Name*, ou seja, cada quadro de serviço deve possuir um único *CoS Name* que a ele se aplica.

Quando o CoS ID é baseado no PCP, para quadros de serviço que ingressam *untagged* em uma EVC, o provedor de serviço e o usuário devem acordar em um *CoS Name*. No entanto, o padrão MEF 10.3 estabelece que esse CoS ID deveria ser o mesmo que aquele atribuído para quadros de serviço *tagged* com o CE-VLAN CoS igual a zero.

Como o PCP possui três bits, existem oito valores de CE-VLAN CoS para codificar CoS IDs e *Color IDs*. Conforme menção anterior neste item, um único valor pode codificar um CoS ID e um *Color ID*.

A Figura 4.17 ilustra um exemplo de Identificador de Classe de Serviço baseado no PCP para uma EVC, onde se encontra representada a correspondência entre valores de CoS ID, codificados em valores de CE-VLAN CoS, e valores de *CoS Name*.

Valores de CE-VLAN CoS	Nome da Classe de Serviço
4,5,6,7	Gold
0,3	Silver
1,2	Discard

**Figura 4.17 – Exemplo de correspondência CoS IDs / CoS Names em uma EV(MEF 10.3, Tabela 13).**

No terceiro método, o CoS ID, baseado no protocolo IP, utiliza o campo DSCP (*Differentiated Service Code Point*), contido em datagramas IP (IPv4 e IPv6) transportados em Quadros de Serviço de Dados de ingresso, para determinar o CoS ID, e conseqüentemente o *CoS Name*.

Como o DSCP possui seis bits, existem 64 valores para codificar CoS IDs ( e *Color IDs*). Um único valor de DSCP pode codificar um valor de CoS ID e um valor de *Color ID*.

Cada valor possível de DSCP deve corresponder a exatamente um *CoS Name*, tanto para quadros de serviço de ingresso transportando datagramas IPv4 quanto datagramas IPv6.

A todos os quadros de ingresso mapeados em uma EVC que não contenham datagramas IPv4 nem datagramas IPv6, deve ser atribuído um *CoS Name* acordado entre o Provedor de serviço e o usuário.

A Figura 4.18 apresenta um exemplo de correspondência entre CoS IDs (codificados em valores de DSCP IPv4 e IPv6) e *CoS Names*.

IPv4 DSCP Values	IPv6 DSCP Values	Class of Service Name
11,37,45	11,37,45	Platinum
8,10,12		Diamond
	38,213	Ruby
All other values	All other values	Discard

Figura 4.18 – Correspondência entre valores de DSCP e CoS Names (MEF 10.3, Tabela 15).

Nessa figura, por exemplo, um quadro de serviço de ingresso transportando datagramas IPv4 ou IPv6 com o valor de DSCP igual a 37, corresponde ao *CoS Name Platinum*.

- **CoS ID em Quadros de Serviço L2CP**

Independentemente do método utilizado para a determinação de CoS IDs em Quadros de Serviço de Dados, uma lista de L2CPs pode ser especificada de forma tal que a cada item da lista corresponda um CoS ID.

As entradas nessa lista são referidas como *L2CP Class of Service Identifiers* (Identificadores de Classe de Serviço para L2CP), ou simplesmente como L2CP CoS IDs.

Os L2CP CoS IDs podem ser diferentes para diferentes EVCs que associam uma dada UNI.

Se o L2CP transportado em um Quadro de Serviço L2CP de ingresso não se encontra relacionado entre os L2CP CoS IDs, então o correspondente *CoS Name* deve ser determinado como se o quadro de ingresso fosse um Quadro de Serviço de Dados.

- **CoS ID em Quadro de Serviço de SOAM**

Para uma dada EVC em uma dada UNI de ingresso, tanto a base para tratamento quanto a forma de mapeamento para Identificadores de Classe de Serviço aplicáveis para Quadros de Serviço de SOAM de ingresso devem ser as mesmas que aquelas aplicáveis para Quadros de Serviço de Dados de ingresso.

#### 4.3.3.3 – Atributo de Serviço Identificador de Cor

O Identificador de Cor (*Color ID*) é o modo pelo qual a Cor para um quadro de serviço é indicada. Essa indicação pode ter como base o conteúdo do cabeçalho do quadro de serviço.

A Cor de um quadro de serviço deve ser Verde ou Amarelo. Os Identificadores de Cor são aplicáveis tanto para quadros de serviço de ingresso quanto para quadros de serviços de egresso.

Quando um Perfil de Vazão de Tráfego é *color-aware*, o valor da Cor de um quadro de serviço tem influência no comportamento do Algoritmo Perfil de Vazão de Tráfego.

Quando não se aplica qualquer Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso para um quadro de serviço, a Cor do quadro de serviço é utilizada para determinar se a SLS (*Service Level Specification*) é aplicável para o quadro de serviço.

A Cor de um quadro de Serviço de egresso é importante quando existe um Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso *color-aware*.

Quando um quadro de serviço não possui um Identificador de Cor, ele deve ser tratado como se tivesse a Cor Verde.

Em uma dada UNI, os Identificadores de Cor para quadros de serviço mapeados em uma EVC podem ser diferentes dos Identificadores de Cor para quadros de serviço mapeados em uma outra EVC nessa UNI.

Os Identificadores de Cor para quadros de serviço mapeados em uma EVC em uma dada UNI podem ser diferentes dos Identificadores de Cor para quadros de serviço mapeados em uma outra UNI associada a essa EVC.

O Identificador de Cor pode ter como base um campo específico no quadro de serviço ou pode ser atribuído implicitamente. Um exemplo de Identificador de Cor implícito ocorre quando é especificado que todos os quadros de serviço mapeados em uma EVC tenham a Cor Amarela.

Um Identificador de Cor pode ser baseado nas seguintes formas:

- Identificador de Cor baseado na EVC;
- Identificador de Cor baseado no campo CE-VLAN tag DEI (*Drop Eligible Indicator*);
- Identificador de Cor baseado no CE-VLAN CoS (campo PCP);
- Identificador de Cor baseado no Protocolo IP (campo DSCP).

- **Identificador de Cor Baseado na EVC**

Quando o Identificador de Cor é baseado na EVC, todos os quadros de serviço mapeados na EVC devem possuir a mesma Cor.

- **Identificador de Cor Baseado no CE-VLAN tag DEI**

Quando o Identificador de Cor é baseado no CE-VLAN tag DEI, a Cor para um quadro de serviço *tagged* deve ser Verde se o DEI for igual a zero e Amarela se o DEI for igual a 1.

- **Identificador de Cor Baseado no CE-VLAN CoS**

Conforme menção anterior neste capítulo, cada valor de CE-VLAN CoS pode codificar um CoS ID e um *Color ID*.

Quando o Identificador de Cor é baseado no CE-VLAN CoS, cada valor de CE-VLAN CoS deve corresponder a uma única Cor.

Quando o Identificador de Cor é baseado no valor de CE-VLAN CoS ou em DEI, a um quadro de serviço *untagged* deve ser atribuída a Cor Verde.

A Figura 4.19 mostra um exemplo de um conjunto de todos os valores de CE-VLAN CoS para uma EVC em uma UNI, com as correspondentes Cores. Observe que esse exemplo é consistente com a Tabela 4 do padrão MEF 23.2.

<b>CE-VLAN CoS Values</b>	<b>Color</b>
0,2	Yellow
1,3,4,5,6,7	Green

Figura 4.19 – Exemplo de correspondência CE-VLAN CoS / Color ID (MEF 10.3, Tabela 18)

Caso existam outras EVCs multiplexadas juntamente com aquela do exemplo acima em uma UNI, podem existir outras correspondências CE-VLAN CoS / Color ID para cada uma dessas outras EVCs.

- **Identificador de Cor Baseado no Protocolo IP**

Quando o Identificador de Cor é baseado no protocolo IP, ele é determinado com base no valor do DSCP contido no quadro de serviço que transporta um pacote IPv4 ou um pacote IPv6.

Cada possível valor de DSCP deve corresponder exatamente a uma Cor.

Todos os quadros de serviço mapeados em uma dada EVC que não contenham um pacote IPv4 nem um pacote IPv6 deve possuir uma cor que seja acordada entre o provedor de serviço e o usuário. Entretanto, o MEF definiu que essa Cor deveria ser Verde.

A Figura 4.20 mostra um exemplo em que se utiliza Identificador de Cor baseado no protocolo IP, onde se verifica a correspondência DSCP / Cores.

<b>IPv4 DSCP Values</b>	<b>IPv6 DSCP Values</b>	<b>Color</b>
0,12,14,28,30	0,12,14,28,30	Yellow
All other values	All other values	Green

Figura 4.20 – Exemplo de correspondência DSCP / Color ID (MEF 10.3, Tabela 21)

Nessa figura, verifica-se a total coincidência entre valores de DSCP para o IPv4 e para o IPv6. Essa condição, contudo, não é obrigatória.

A Figura 4.20 é também consistente com a Tabela 4 do padrão MEF 23.2.

#### 4.3.3.4 – Atributo de Serviço Identificador de Classe de Equivalência de Egresso

Cada quadro de serviço de egresso mapeado em uma dada EVC possui um único Identificador de Classe de Equivalência de Egresso, referido como EEC ID (*Egress Equivalence Class Identifier*).

Os Identificadores de Classe de Equivalência de Egresso podem ser determinados pela inspeção do conteúdo dos quadros de serviço de egresso, e são utilizados para a especificação de Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso.

A Figura 4.21 ilustra o significado de EECs (e de EEC IDs).

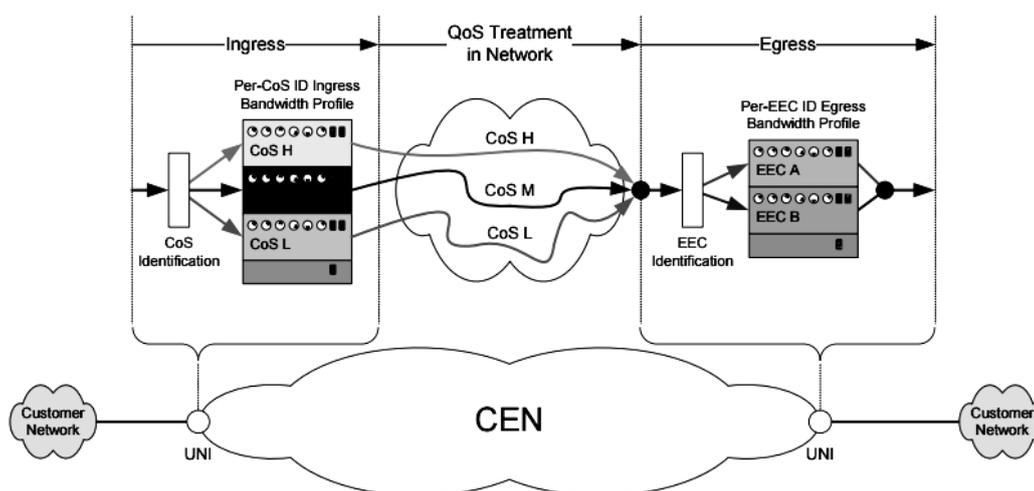


Figura 4.21 – CoSIDs e EEC IDs (MEF 10.3, anexo).

Antes de seu ingresso em uma EVC, os CoS IDs dos quadros de serviço codificados no site de ingresso da rede do usuário passam por um processo *CoS Identification*, onde são traduzidos para os correspondentes CoS IDs utilizados na EVC, que se refletem nos correspondentes *CoS Names* (ou *CoS Labels*).

No exemplo dessa figura, a tradução que ocorre no processo *CoS Identification*, no ingresso, leva a um dos valores de *CoS Label* (CoS H, CoS M ou CoS L).

No egresso, o *CoS Label* do quadro de serviço deve ser retraduzido para o CoS ID acordado com o usuário, a ser utilizado no site de egresso da rede do usuário. Cada um desses CoS IDs de egresso representa uma Classe de Equivalência de Egresso (ou seja, uma EEC). Essa retradução é realizada no processo *EEC Identification*, como mostra a Figura 4.21.

No exemplo dessa figura os *CoS Labels* são retraduzidos, no processo *EEC Identification*, para o EEC ID A ou para o EEC ID B.

Observa-se que, no ingresso, já com os respectivos *CoS Labels*, os quadros de serviço são submetidos a um perfil de vazão de tráfego, que, de acordo com o padrão MEF 6.2 deve ser um Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por CoS ID. Esse perfil de vazão de tráfego é constituído por três módulos, um para cada um dos *CoS Labels*.

No egresso, já com os respectivos EEC IDs, os quadros de serviço são submetidos a outro perfil de vazão de tráfego, que, de acordo com o padrão MEF 6.2 deve ser um Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EEC ID. Esse perfil de vazão de tráfego é constituído por dois módulos, um para cada um dos EEC IDs.

É necessário que se faça aqui uma importante observação.

A Figura 4.21 encontra-se incompleta, por razões de clareza. Na realidade, o processo *CoS Identification* realiza também a tradução de *Color IDs* utilizados no site de ingresso da rede do usuário, ao mesmo tempo em que traduz os correspondentes CoS IDs.

Supondo-se, por exemplo, a utilização de CoS ID e de *Color ID* baseados no PCP em uma dada EVC, resultariam dois valores de CE-VLAN CoS. Para o *CoS Label H*, esses valores seriam 5 (para o *Color ID* Verde) e 4 (para o *Color ID* Amarelo).

O módulo do Perfil de Vazão de Tráfego para o *CoS Label H* possui dois *token buckets*. Os quadros de serviço com o CE-VLAN CoS igual a 5 seriam encaminhados para um dos *token buckets* (aquele destinado à Cor Verde), enquanto os quadros de serviço com o CE-VLAN CoS igual a 4 seriam encaminhados para o outro *token bucket* (aquele destinado à Cor Amarelo).

Em uma dada UNI de egresso, os EEC IDs de quadros de serviço de egresso mapeados em uma EVC podem ser diferentes daqueles em quadros de serviço mapeados em outras EVCs.

O padrão MEF 10.3 apresenta, separadamente, os EEC IDs para Quadros de Serviço de Dados, para Quadros de Serviço de L2CP e para Quadros de Serviço de SOAM.

Para o tratamento do EEC IDs nesses tipos de quadros de serviço, o leitor pode se reportar ao subitem 4.3.3.2 anterior deste item, considerando-se a similaridade entre os tratamentos de CoS IDs e EEC IDs.

Vale a ressalva de que o padrão MEF 10.3 considera a possibilidade de CoS ID para Quadros de Serviço de Dados baseado na EVC, no PCP e no protocolo IP.

Para o EEC ID, contudo, o padrão MEF 10.3 não especifica a possibilidade de baseamento na EVC, limitando-se ao baseamento no PCP e no protocolo IP.

#### **4.3.3.5-Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por EVC**

Um Perfil de Vazão de Tráfego do Ingresso por EVC deve ser aplicado discriminadamente para quadros de serviço de ingresso contidos em Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego mapeados em cada EVC de uma UNI de ingresso.

Esses fluxos são baseados no critério 2 apresentado no subitem 4.3.2.14 anterior deste item.

O conjunto dos Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego mapeados em cada uma das EVCs está contido em um único Envelope na UNI de ingresso. Todos os Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego contidos nesse Envelope devem ser baseados em um mesmo critério (critério 2, neste caso).

A Figura 4.22 ilustra um exemplo de utilização de um Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por EVC.

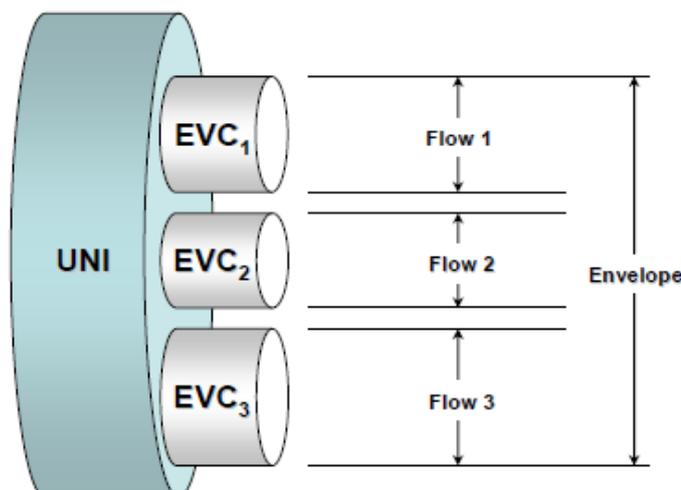


Figura 4.22– Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por EVC (MEF 10.3, Figura 24).

A cada EVC aplica-se um Perfil de Vazão de Tráfego próprio. Dessa forma não ocorre desequilíbrio na distribuição de vazão de tráfego entre EVCs.

#### 4.3.3.6. – Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Identificador de Classe de Serviço

Um Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Identificador de Classe de Serviço deve ser aplicado para quadros de serviço de ingresso contidos em Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego mapeados, em uma EVC, discriminadamente para cada Classe de Serviço nessa EVC. Esses fluxos são baseados no critério 3 apresentado no subitem 4.3.2.14 anterior neste item.

O conjunto de Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego mapeados, na EVC, para cada uma das Classes de Serviço, está contido em um único Envelope nessa EVC. Todos esses fluxos devem ser baseados em um mesmo critério (critério 3, neste caso).

A Figura 4.23 apresenta uma configuração desse modelo.

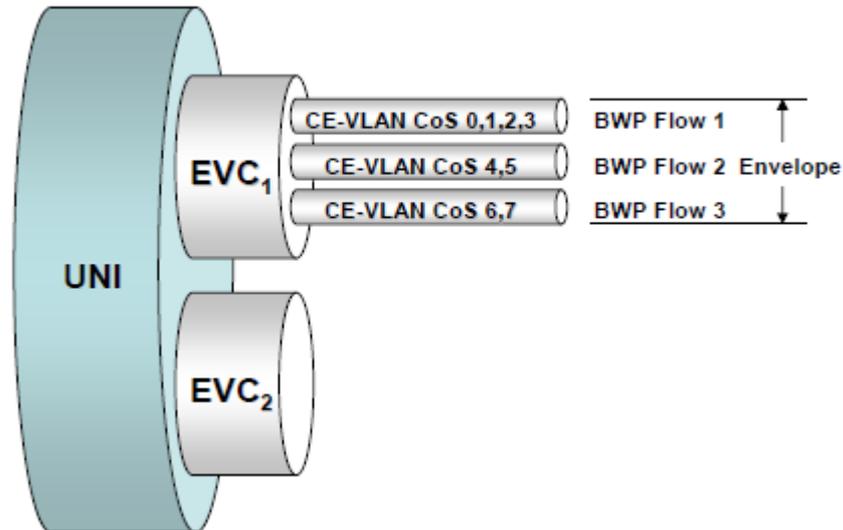


Figura 4.23– Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Identificador de CoS (MEF 10.3, Figura 25).

No exemplo dessa figura, existem três *CoS Names* na EVC 1, cada um correspondendo a um diferente Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego. O Envelope contém esses três Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego.

Nesse caso, seriam associados à EVC 1 três diferentes conjuntos de parâmetros de tráfego, um para cada *CoS Name*.

Se foi definido um Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por UNI para uma dada UNI, não se pode definir Perfis de Vazão de Tráfego de Ingresso separadamente para as EVCs presentes nessa UNI.

Caso não seja definido o padrão para toda a UNI, pode-se definir um padrão para cada EVC independentemente das demais EVCs. Entretanto, caso se defina um Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por EVC, nessa EVC não pode haver atribuição de Perfis de Vazão de Tráfego de Ingresso por identificador de Classe de Serviço.

#### 4.3.3.7 – Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EVC

Um Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EVC deve ser aplicado discriminadamente para quadros de serviço de egresso contidos em Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego mapeados em cada EVC de uma UNI. Esses fluxos são baseados no critério 5 apresentado no subitem 4.3.2.14 anterior deste item.

O conjunto de Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego mapeados em cada uma das EVCs está contido em um único Envelope na UNI de egresso. Todos os Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego contidos nesse Envelope devem ser baseados em um mesmo critério (critério 5, neste caso).

#### **4.3.3.8 – Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Identificador de Classe de Equivalência de Egresso**

Um Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso baseado em Identificador de Classe de Equivalência de Egresso (EEC ID) deve ser aplicado para quadros de serviço de egresso contidos em Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego mapeados, em uma EVC, discriminadamente para cada EEC. Esses fluxos são baseados no critério 6 apresentado no subitem 4.3.2.14 anterior deste item.

O conjunto de Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego mapeados em cada uma das Classes de Equivalência de Egresso está contido em um único Envelope nessa EVC. Todos esses fluxos devem ser baseados em um mesmo critério (critério 6, neste caso).

#### **4.3.3.9 – Atributo de Serviço Limite de Endereços MAC de Origem**

O atributo de serviço Limite de Endereços MAC de Origem pode se encontrar Habilitado (*Enabled*) ou Desabilitado (*Disabled*).

Estando Habilitado, esse atributo de serviço limita o número de endereços MAC de origem que podem ser utilizados em quadros de serviço de todos os tipos que ingressam em uma EVC em um intervalo de tempo.

#### **4.3.3.10 – Atributo de Serviço Test MEG**

O atributo de serviço MEG de Teste pode se encontrar Habilitado ou Desabilitado.

Quando Habilitado, a CEN deve atender os requisitos obrigatórios estabelecidos na Seção 7.5 do padrão MEF 30.1. O padrão MEF 30.1 (*Service OAM Fault Management Implementation Agreement: Phase 2*) será abordado no Capítulo 9 deste livro.

#### **4.3.3.11 – Atributo de Serviço MEG MIP de Usuário**

O atributo de serviço MEG MIP de Usuário pode se encontrar Habilitado ou Desabilitado.

Quando Habilitado, a CEN deve instanciar o MIP de Nível de Usuário (*Subscriber Level MIP*) descrito no padrão MEF 30.1, como será visto no Capítulo 9 deste livro.

## 4.4-ATRIBUTOS DE SERVIÇO PARA SERVIÇOS DE EVC ESPECÍFICOS

No presente item são apresentados os serviços de EVC específicos, com base nos valores dos atributos de serviço que lhes correspondem. O texto explanativo foi elaborado em conformidade com o padrão MEF 6.2, e complementa o item 4.3 deste capítulo.

Da mesma forma que no caso dos atributos de serviço gerais para os serviços d

e EVC, os atributos de serviço específicos, aplicáveis para cada um dos serviços de EVC, são classificados em atributos de serviço de EVC, atributos de serviço de UNI e atributos de serviço de EVC por UNI.

São apresentados, a seguir, atributos de serviço com os valores de parâmetros próprios para cada um dos serviços de EVC específicos, que são o serviço EPL, o serviço EVPL, o serviço EP-LAN, o serviço EVP-LAN, o serviço EP-Tree e o serviço EVP-Tree.

### 4.4.1-Serviço EPL (Ethernet Private Line)

A Figura 4.24 apresenta um exemplo de serviço EPL.

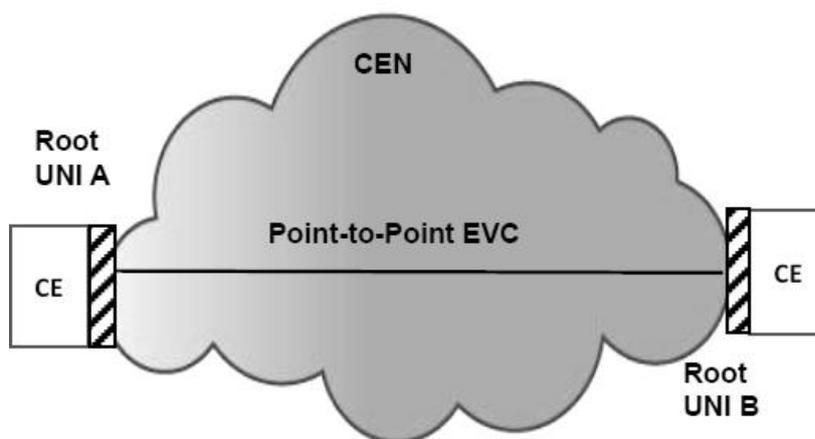


Figura 4.24 – Exemplo de serviço EPL (MEF 6.2, Figura 5).

Os atributos de serviço de EVC, de UNI e de EVC por UNI para o serviço EPL, com os respectivos parâmetros e valores, são apresentados a seguir.

#### 4.4.1.1 – Atributos de Serviço de EVC Específicos para o EPL

A Figura 4.25 apresenta os atributos de serviço de EVC específicos para o serviço EPL, com os seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de EVC</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Tipo de EVC	<b>DEVE</b> ser Ponto a Ponto
Lista de UNIs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.3 deste livro. Cada UNI na lista <b>DEVE</b> possuir o papel Raiz.
Número Máximo de UNIs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.4 deste livro. O número máximo de UNIs <b>DEVE</b> ser igual a 2.
Entrega de Quadros de Serviço Unicast	<b>DEVE</b> ser configurado para <i>Incondicional</i>
Entrega de Quadros de Serviço Multicast	<b>DEVE</b> ser configurado para <i>Incondicional</i>
Entrega de Quadros de Serviço Broadcast	<b>DEVE</b> ser configurado para <i>Incondicional</i>
Preservação de CE-VLAN ID	<b>DEVE</b> ser configurado para Habilitado
Preservação de CE-VLAN CoS	<b>DEVE</b> ser configurado para Habilitado
Desempenho de EVC	<b>DEVEM</b> ser utilizados parâmetros e objetivos de desempenho como especificados no padrão MEF 23.1 para métricas de desempenho quando se utiliza <i>CoS Labels</i> . (Ver Capítulo 9 deste livro)

Figura 4.25 – Atributos de serviço de EVC específicos para o EPL (MEF 6.2, Tabela 9 revista).

#### 4.4.1.2 – Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EPL

A Figura 4.26 apresenta os atributos de serviço de UNI específicos para o serviço EPL, com os seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de UNI</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Multiplexação de Serviços	<b>DEVE</b> ser configurado para Desabilitado
Agrupamento ( <i>Bundling</i> )	<b>DEVE</b> ser configurado para Desabilitado
Agrupamento Todos em Um	<b>DEVE</b> ser configurado para Habilitado
CE-VLAN ID / EVC Map	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.10 deste livro. Todos os CE-VLAN IDs <b>DEVEM</b> mapear na EVC
Número Máximo de EVCs	<b>DEVE</b> ser igual a 1

Figura 4.26 – Atributos de serviço de UNI específicos para o EPL (MEF 6.2, Tabela 7 revista).

#### 4.4.1.3 – Atributos de Serviço de EVC por UNI Específicos para o EPL

A Figura 4.27 apresenta os atributos de serviço de EVC por UNI para o serviço EPL com seus parâmetros e respectivos valores.

Atributo de Serviço de EVC por UNI	Parâmetros e Valores
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EEC	DEVE ser configurado para o valor <i>no</i> (observação 5)
Limite de Endereços MAC de Origem	DEVE ser configurado para <i>Desabilitado</i>

Figura 4.27 – Atributos de serviço de EVC por UNI específicos para o EPL (MEF 6.2, Tabela 8 revista).

A observação 5 enfatiza que, para os serviços EPL, espera-se que seja aplicado um Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso na UNI de ingresso, de forma tal que o tráfego na EVC esteja controlado. Assim, não há necessidade de aplicação de um Perfil de Vazão de Tráfego por Classe de Equivalência de Egresso na UNI de egresso, o que justifica o valor *no* (nenhum) para esse atributo de serviço na Figura 4.27.

#### 4.4.2-Serviço EVPL (Ethernet Virtual Private Line)

A Figura 4.28 apresenta um exemplo de serviço EVPL com Multiplexação de Serviços.

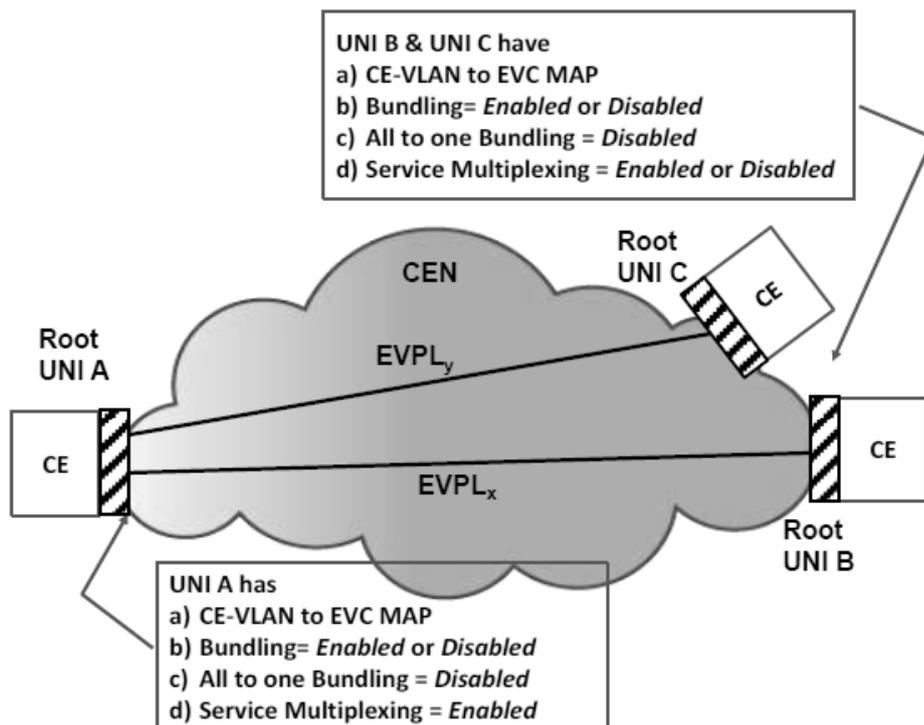


Figura 4.28 – Serviço EVPL com Multiplexação de Serviços (MEF 6.2, Figura 9).

A Figura 4.29, por sua vez, apresenta um exemplo de serviço EVPL onde não ocorre Multiplexação de Serviços.

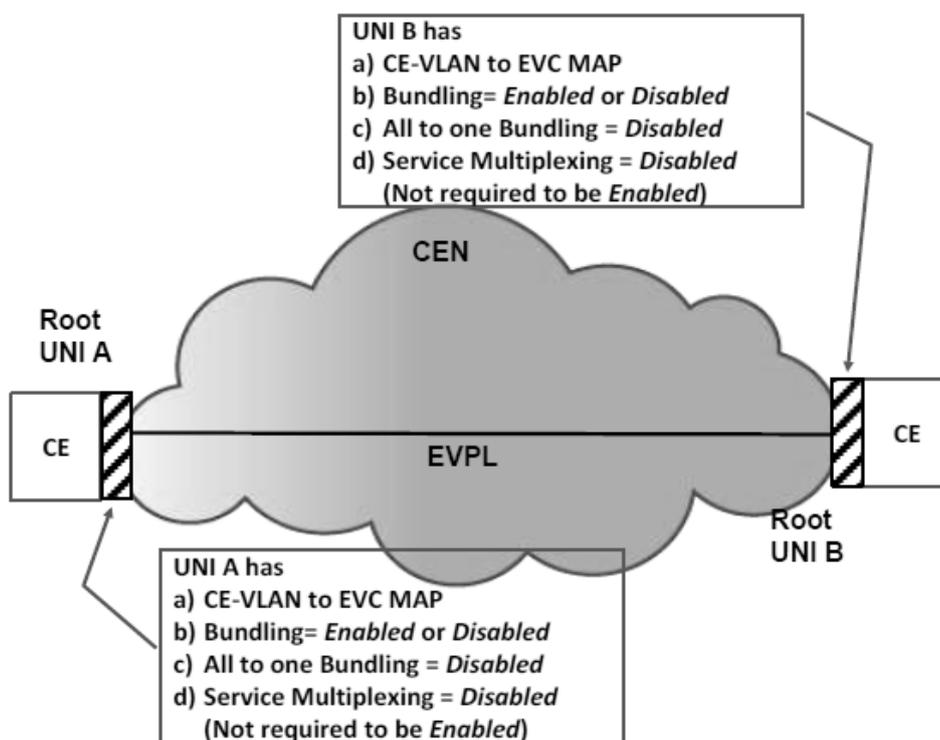


Figura 4.29- Serviço EVPL sem Multiplexação de Serviços (MEF 6.2, Figura 10).

Nota-se a similaridade dessa figura com a Figura 4.24 anterior relativa ao serviço EPL. A diferença entre os dois casos reside nos valores configurados para os parâmetros de alguns atributos de serviço.

Os atributos de serviço de EVC, de UNI e de EVC por UNI para o serviço EVPL, com os respectivos parâmetros e valores, são apresentados a seguir.

#### 4.4.2.1 – Atributos de Serviço de EVC Específicos para o EVPL

A Figura 4.30 apresenta os atributos de serviço de EVC específicos para o serviço EVPL, com os seus parâmetros e respectivos valores.

Atributo de Serviço de EVC	Parâmetros e Valores
Tipo de EVC	<b>DEVE</b> ser Ponto a Ponto
Lista de UNIs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.3 deste livro. Cada UNI na lista <b>DEVE</b> possuir o papel Raiz.
Número Máximo de UNIs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.4 deste livro. O número máximo de UNIs por EVPL <b>DEVE</b> ser igual a 2.
Entrega de Quadros de Serviço Unicast	<b>DEVERIA</b> ser configurado para <i>Incondicional</i>
Entrega de Quadros de Serviço Multicast	<b>DEVERIA</b> ser configurado para <i>Incondicional</i>
Entrega de Quadros de Serviço Broadcast	<b>DEVERIA</b> ser configurado para <i>Incondicional</i>
Preservação de CE-VLAN ID	Nenhuma restrição adicional aos subitens 2.5.1, 2.6.2 e 4.3.1.6 deste livro
Preservação de CE-VLAN CoS	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.6 deste livro
Desempenho de EVC	<b>DEVEM</b> ser utilizados parâmetros e objetivos de desempenho como especificados no padrão MEF 23.1 para métricas de desempenho quando se utiliza CoS Labels.(Ver Capítulo 9 deste livro)

4.30 – Atributos de serviço de EVC específicos para o EVPL (MEF 6.2, Tabela 12 revista).

#### 4.4.2.2 – Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EVPL

A Figura 4.31 apresenta os atributos de serviço de UNI específicos para o serviço EVPL, com os seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de UNI</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Multiplexação de Serviços	<b>DEVERIA</b> estar configurado para Habilitado, mas pode estar configurado para Desabilitado em determinadas configurações.
Agrupamento ( <i>Bundling</i> )	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.12 deste livro.
Agrupamento Todos em Um	<b>DEVE</b> estar configurado para Desabilitado
Mapa CE-VLAN ID / EVC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.10 deste livro. Pelo menos um CE-VLAN ID <b>DEVE</b> estar mapeado para cada EVC.
Número Máximo de EVCs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.11 deste livro.

Figura 4.31 – Atributos de serviço de UNI específicos para o EVPL (MEF 6.2, Tabela 10 revista).

#### 4.4.2.3 – Atributos de Serviço de EVC por UNI Específicos para o EVPL

A Figura 4.32 apresenta os atributos de serviço de EVC por UNI para o serviço EVPL, com os seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de EVC por UNI</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Perfil de Vazão de Egresso por EEC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.3.8 deste livro.
Limite de Endereços MAC de Origem	<b>DEVE</b> estar configurado para Desabilitado quando os atributos de serviço Entrega de Quadros de Serviço Unicast, Multicast e Broadcast estiverem configurados para <i>Inconditional</i> .

Figura 4.32 – Atributos de serviço de EVC por UNI específicos para o EVPL (MEF 6.2, Tabela 11 revista).

#### 4.4.3-Serviço EP-LAN (Ethernet Private LAN)

A Figura 4.33 apresenta um exemplo de serviço EP-LAN.

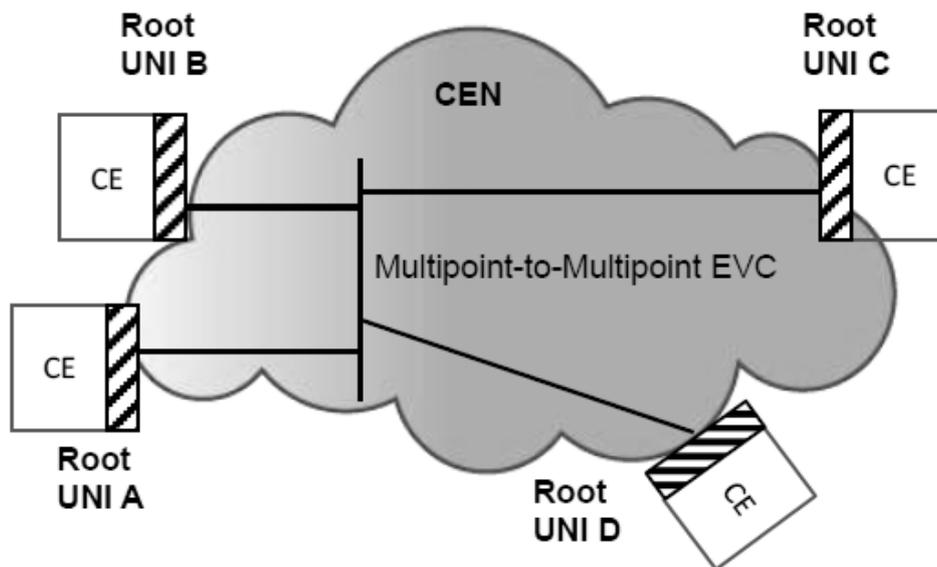


Figura 4.33 – Exemplo de serviço EP-LAN (MEF 6.2, Figura 6).

Os atributos de serviço de EVC, de UNI e de EVC por UNI para o serviço EP-LAN, com os respectivos parâmetros e valores, são apresentados a seguir.

#### 4.4.3.1 – Atributos de Serviço de EVC Específicos para o EP-LAN

A Figura 4.34 apresenta os atributos de serviço de EVC específicos para o serviço EP-LAN, com os seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de EVC</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Tipo de EVC	<b>DEVE</b> ser Multiponto a Multiponto
Lista de UNIs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.3 deste livro. Cada UNI na lista <b>DEVE</b> possuir o papel Raiz.
Número Máximo de UNIs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.4 deste livro. O número máximo de UNIs <b>DEVE</b> ser de três ou mais.
Entrega de Quadros de Serviço Unicast	<b>DEVERIA</b> estar configurado para <i>Condicional</i> com a condição que a entrega de quadros Unicast está sujeita aos processos de aprendizagem dinâmica e de filtragem como descrito no padrão IEEE 802.1Q-2014 para bridges operando com aprendizagem independente e aprendizagem VLAN compartilhada.
Entrega de Quadros de Serviço Multicast	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.5 deste livro.
Entrega de Quadros de Serviço Broadcast	<b>DEVERIA</b> estar configurado para Incondicional
Preservação de CE-VLAN ID	<b>DEVE</b> estar configurado para Habilitado
Preservação de CE-VLAN CoS	<b>DEVE</b> estar configurado para Habilitado
Desempenho de EVC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.8 deste livro.

Figura 4.34 – Atributos de serviço de EVC específicos para o EP-LAN (MEF 6.2, Tabela 15 revista).

#### 4.4.3.2 – Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EP-LAN

A Figura 4.35 apresenta os atributos de serviço de UNI específicos para o serviço EP-LAN, com os seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de UNI</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Multiplexação de Serviços	<b>DEVE</b> estar configurado para Desabilitado
Agrupamento (Bundling)	<b>DEVE</b> estar configurado para Desabilitado
Agrupamento Todos em Um	<b>DEVE</b> estar configurado para Habilitado
Mapa CE-VLAN ID / EVC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.10 deste livro. Todos os CE-VLAN IDs <b>DEVEM</b> mapear na EVC.
Número Máximo de EVCs	<b>DEVE</b> ser igual a 1

**Figura 4.35 – Atributos de serviço de UNI específicos para o EP-LAN (MEF 6.2, Tabela 13 revista).**

#### **4.4.3.3 – Atributos de Serviço de EVC por UNI Específicos para o EP- LAN**

A Figura 4.36 apresenta os atributos de serviço de EVC por UNI para o serviço EP-LAN com seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de EVC por UNI</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EEC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.3.8 deste livro.
Limite de Endereços MAC de Origem	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.3.9 deste livro.

**Figura 4.36 – Atributos de serviço de EVC por UNI específicos para o EP-LAN (MEF 6.2, Tabela 14 revista).**

#### **4.4.4-Serviço EVP-LAN (Ethernet Virtual Private LAN)**

A Figura 4.37 apresenta um exemplo de serviço EVP-LAN com a ocorrência de Multiplexação de Serviços em uma UNI (UNI B).

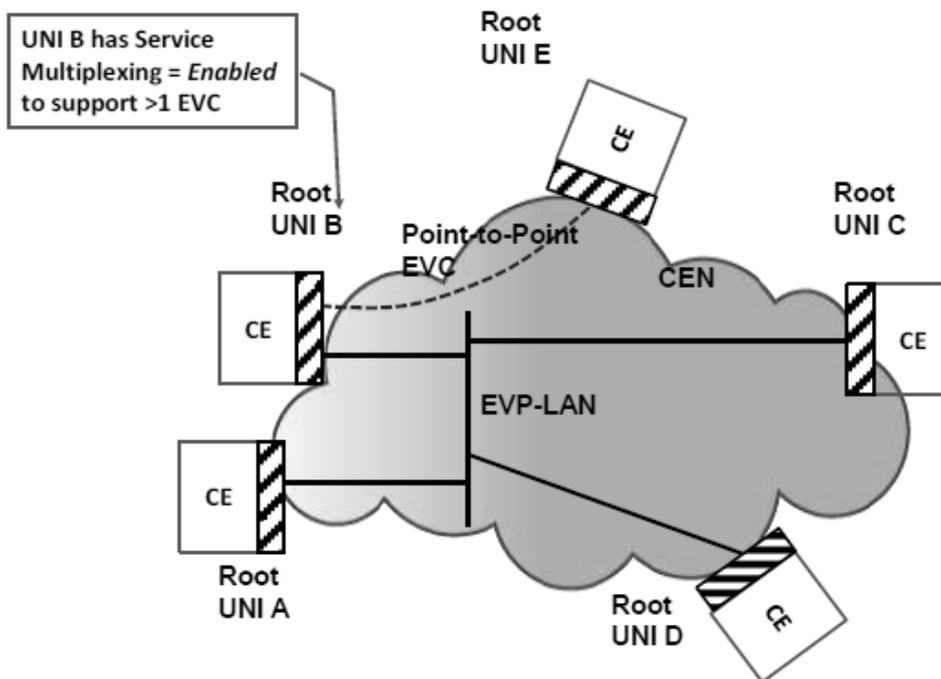


Figura 4.37 – Exemplo de serviço EVP-LAN (MEF 6.2, Figura 11) .

Como nessa figura ocorre Multiplexação de Serviços na UNI B entre uma EVC ponto a ponto e uma EVC multiponto a multiponto, todas as UNIs são UNIs Raiz

Os atributos de serviço de EVC, de UNI e de EVC por UNI para o serviço EVP-LAN, com os respectivos parâmetros e valores, são apresentados a seguir.

#### 4.4.4.1 – Atributos de Serviço de EVC Específicos para o EVP-LAN

A Figura 4.38 apresenta os atributos de serviço de EVC específicos para o serviço EVP-LAN, com os seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de EVC</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Tipo de EVC	<b>DEVE</b> ser Multiponto a Multiponto
Lista de UNIs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.3 deste livro. Cada UNI na lista <b>DEVE</b> possuir o papel Raiz.
Número Máximo de UNIs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.4 deste livro. O número máximo de UNIs <b>DEVE</b> ser de três ou mais.
Entrega de Quadros de Serviço Unicast	<b>DEVERIA</b> estar configurado para <i>Condicional</i> com a condição que a entrega de quadros Unicast está sujeita aos processos de aprendizagem dinâmica e de filtragem como descrito no padrão IEEE 802.1Q-2014 para bridges operando com aprendizagem independente e aprendizagem VLAN compartilhada.
Entrega de Quadros de Serviço Multicast	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.5 deste livro.
Entrega de Quadros de Serviço Broadcast	<b>DEVERIA</b> ser configurado para <i>Incondicional</i>
Preservação de CE-VLAN ID	Nenhuma restrição adicional aos subitens 2.5.1, 2.6.2 e 4.3.1.6 deste livro.
Preservação de CE-VLAN CoS	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.6 deste livro.
Desempenho de EVC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.8 deste livro.

Figura 4.38 – Atributos de serviço de EVC específicos para o EVP-LAN (MEF 6.2, Tabela 18 revista).

#### 4.4.4.2 – Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EVP-LAN

A Figura 4.39 apresenta os atributos de serviço de UNI específicos para o serviço EVP-LAN, com os seus parâmetros e respectivos valores.

Atributo de Serviço de UNI	Parâmetros e Valores
Multiplexação de Serviços	<b>DEVERIA</b> ser configurado para Habilitado.
Agrupamento (Bundling)	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.12 deste livro.
Agrupamento Todos em Um	<b>DEVE</b> ser configurado para Desabilitado.
Mapa CE-VLAN ID / EVC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.10 deste livro. Pelo menos um CE-VLAN ID <b>DEVE</b> estar mapeado em cada EVC.
Número Máximo de EVCs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.12.11 deste livro.

Figura 4.39 – Atributos de serviço de UNI específicos para o EVP-LAN (MEF 6.2, Tabela 16 revista).

#### 4.4.4.3 – Atributos de Serviço de EVC por UNI Específicos para o EVP-LAN

A Figura 4.40 apresenta os atributos de serviço de EVC por UNI para o serviço EVP-LAN com seus parâmetros e respectivos valores.

Atributo de Serviço de EVC por UNI	Parâmetros e Valores
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EEC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.3.8 deste livro.
Limite de Endereços MAC de Origem	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.3.9 deste livro.

Figura 4.40 – Atributos de serviço de EVC por UNI específicos para o EVP-LAN (MEF 6.2, Tabela 17 revista).

#### 4.4.5-Serviço EP-Tree (Ethernet Private Tree)

A Figura 4.41 apresenta um exemplo de serviço EP-Tree com uma única UNI Raiz.

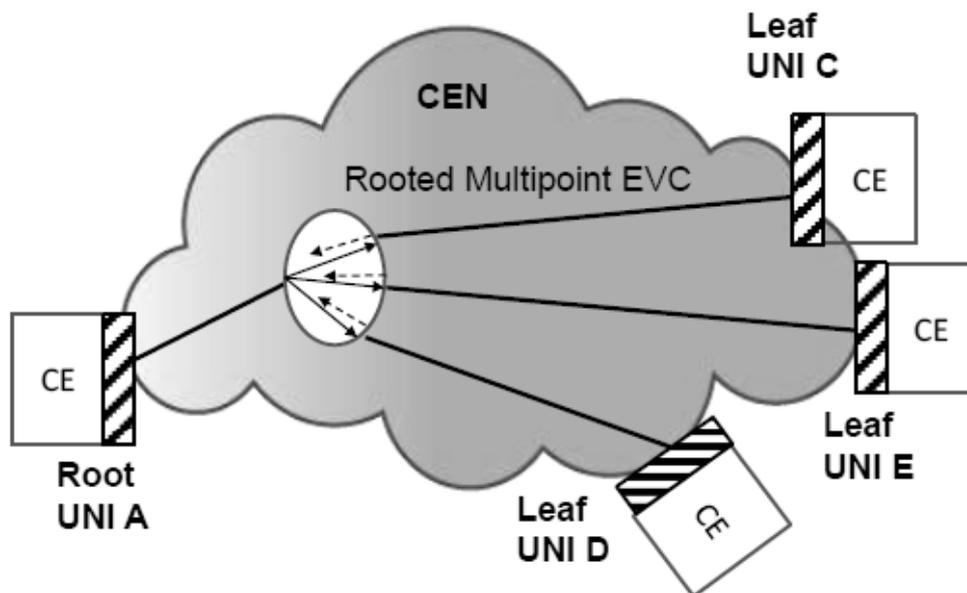


Figura 4.41 - Exemplo de serviço EP-Tree com uma UNI Raiz (MEF 6.2, Figura 7).

A Figura 4.42, por sua vez, apresenta um exemplo de serviço EP-Tree em que se utiliza múltiplas UNIs Raiz (duas UNIs Raiz, no exemplo da figura).

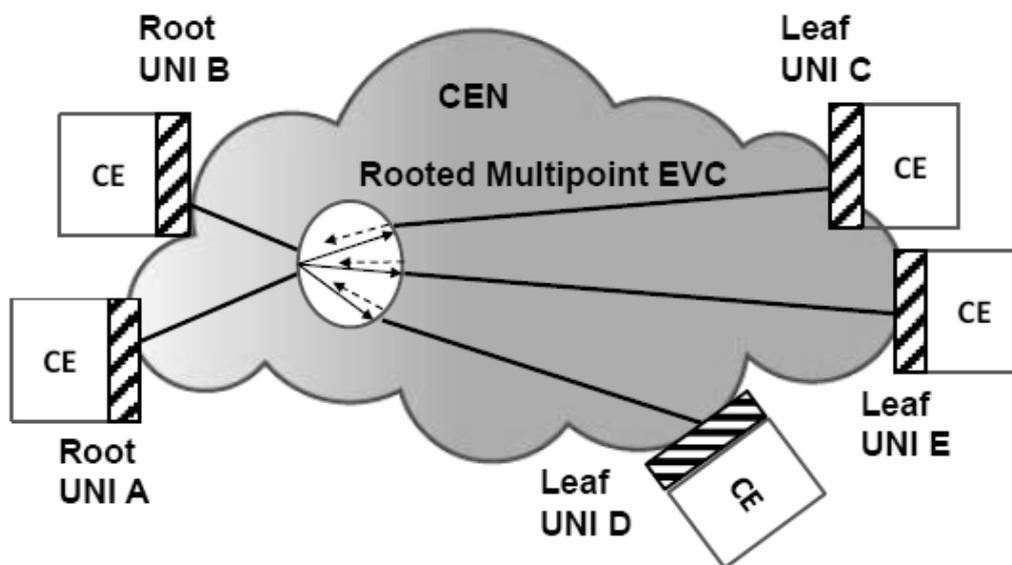


Figura 4.42 –Serviço EP-Tree com múltiplas UNIs Raiz (MEF 6.2, Figura 8).

No exemplo dessa figura, o serviço EP-Tree pode ser utilizado para uma aplicação específica em suas UNIs Raiz, como por exemplo um serviço de acesso a um ISP (*Internet Service Provider*) com sites redundantes atendidos pelas UNIs Raiz.

Uma outra aplicação para a configuração da Figura 4.42 é um serviço broadcast de vídeo. Para maiores detalhes, a Figura 4.43 apresenta uma versão dessa configuração de uma forma mais específica para essa aplicação.

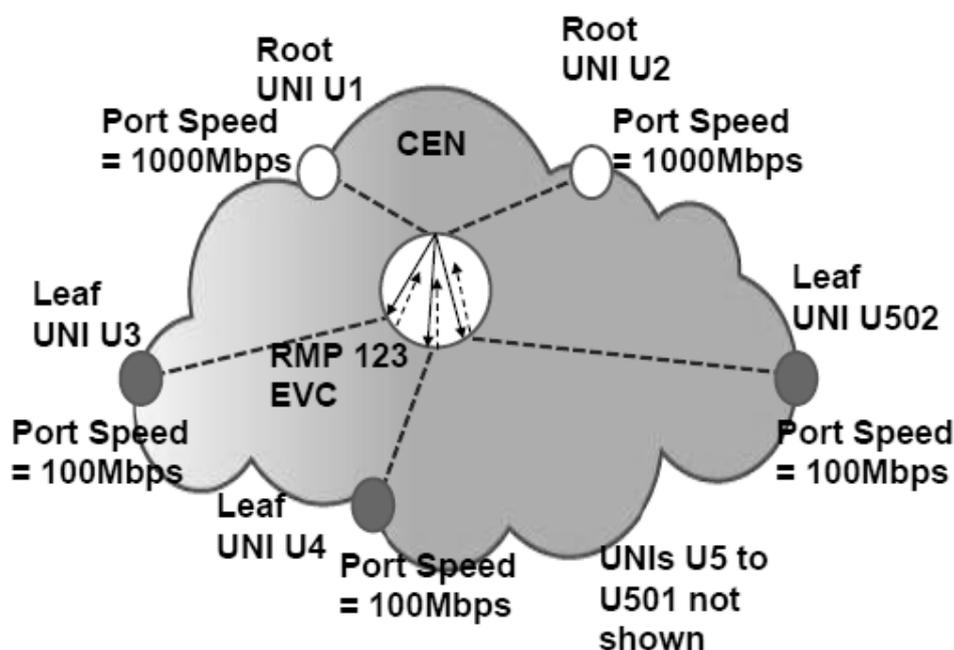


Figura 4.43 – Broadcast de vídeo usando o EP-Tree (MEF 6.2, Figura 16)

Como se observa nesta figura, o uso de duas UNIs Raiz provê redundância para o serviço.

O uso típico para esse serviço consiste na transmissão de vídeo pela UNI Raiz de serviço (tendo a outra UNI Raiz a função backup) em broadcast para os usuários localizados nas UNIs Folha, ocorrendo um mínimo de mensagens de controle enviadas pela UNIs Folha para a UNI Raiz de serviço.

É possível também a transmissão multicast, quando as informações de vídeo são transmitidas seletivamente para usuários ou para subconjuntos de usuários. Essa possibilidade poderia ser configurada por meio de um protocolo multicast padrão.

Os atributos de serviço de EVC, de UNI e de EVC por UNI para o serviço EP-Tree, com os respectivos parâmetros e valores, são apresentados a seguir.

#### 4.4.5.1 – Atributos de Serviço de EVC Específicos para o EP-Tree

A Figura 4.44 apresenta os atributos de serviço de EVC específicos para o serviço EP-Tree, com os seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de EVC</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Tipo de EVC	<b>DEVE</b> ser Multiponto com Raiz
Lista de UNIs	<b>DEVE</b> ser capaz de suportar um número de UNIs Folha associadas pela EVC maior ou igual a dois ( $\geq 2$ ). Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.3 deste livro. É obrigatório que uma ou mais UNIs da lista sejam UNIs Raiz e que as demais UNIs sejam UNIs Folha.
Número Máximo de UNIs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.4 deste livro. O número máximo de UNIs <b>DEVE</b> ser maior ou igual a 3.
Entrega de Quadros de Serviço Unicast	<b>DEVERIA</b> estar configurado para <i>Condicional</i> com a condição que a entrega de quadros Unicast está sujeita aos processos de aprendizagem dinâmica e de filtragem como descrito no padrão IEEE 802.1Q-2014 para bridges operando com aprendizagem independente e aprendizagem VLAN compartilhada.
Entrega de Quadros de Serviço Multicast	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.5 deste livro.
Entrega de Quadros de Serviço Broadcast	<b>DEVERIA</b> ser configurado para <i>Incondicional</i>
Preservação de CE-VLAN ID	<b>DEVE</b> ser configurado para Habilitado
Preservação de CE-VLAN CoS	<b>DEVE</b> ser configurado para Habilitado
Desempenho de EVC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.8 deste livro.

**Figura 4.44 – Atributos de serviço de EVC específicos para o EP-Tree (MEF 6.2, Tabela 21 revista).**

#### **4.4.5.2 – Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EP-Tree**

A Figura 4.45 apresenta os atributos de serviço de UNI específicos para o serviço EP-Tree, com os seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de UNI</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Multiplexação de Serviços	<b>DEVE</b> ser configurado para <i>Desabilitado</i>
Agrupamento (Bundling)	<b>DEVE</b> ser configurado para <i>Desabilitado</i>
Agrupamento Todos em Um	<b>DEVE</b> ser configurado para <i>Habilitado</i>
Mapa CE-VLAN ID / EVC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.10 deste livro. Todos os CE-VLAN IDs <b>DEVEM</b> mapear na EVC
Número Máximos de EVCs	<b>DEVE</b> ser igual a 1

Figura 4.45– Atributos de serviço de UNI específicos para o EP-Tree (MEF 6.2, Tabela 19 revista).

#### 4.4.5.3 – Atributos de Serviço de EVC por UNI Específicos para o EP-Tree

A Figura 4.46 apresenta os atributos de serviço de EVC por UNI para o serviço EP-Tree com seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de EVC por UNI</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EEC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.3.8 deste livro.
Limites de Endereços MAC de Origem	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.3.9 deste livro.

Figura 4.46 – Atributos de serviço de EVC por UNI específicos para o EP-Tree (MEF 6.2, Tabela 20 revista).

#### 4.4.6-Serviço EVP-Tree (Ethernet Virtual Private Tree)

A Figura 4.47 apresenta um exemplo de serviço EVP-Tree com a ocorrência de Multiplexação de Serviços.

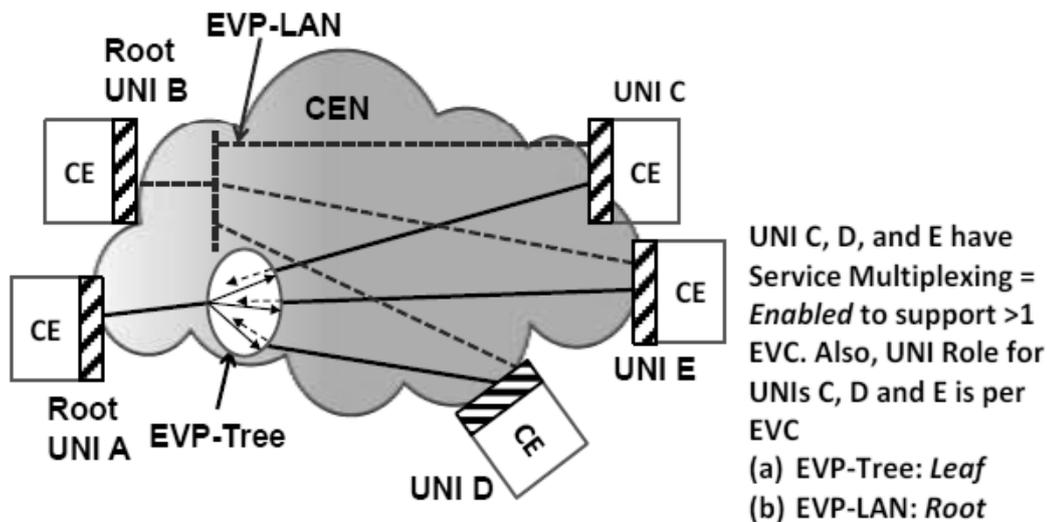


Figura 4.47 - Exemplo de serviço MVPN com Multiplexação de Serviços (MEF 6.2, Figura 12).

Nessa Figura ocorre Multiplexação de Serviços nas UNI C, UNI D e UNI E. Nessas UNIs estão multiplexadas uma EVC multiponto a multiponto (EVP-LAN) juntamente com uma EVC multiponto com raiz (EVP-Tree).

Para a EVC multiponto a multiponto, as UNI C, D e E são UNIs Raiz, enquanto que para a EVC multiponto com raiz essas UNIs são UNIs Folha. Ocorre então, nessas UNIs, o que se denomina definição de papéis de UNI por EVC, quando uma UNI desempenha duplo papel.

Os atributos de serviço de EVC, de UNI e de EVC por UNI para o serviço MVPN, com os respectivos parâmetros e valores, são apresentados a seguir.

#### 4.4.6.1 – Atributos de Serviço de EVC Específicos para o MVPN

A Figura 4.48 apresenta os atributos de serviço de EVC específicos para o serviço MVPN, com os seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de EVC</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Tipo de EVC	<b>DEVE</b> ser Multiponto com Raiz
Lista de UNIs	<b>DEVE</b> ser capaz de suportar um número de UNIs Folha associadas pela EVC maior ou igual a dois ( $\geq 2$ ). Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.3 deste livro. É obrigatório que uma ou mais UNIs da lista sejam UNIs Raiz e que as demais UNIs sejam UNIs Folha.
Número Máximo de UNIs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.4 deste livro. O número máximo de UNIs <b>DEVE</b> ser maior ou igual a 3.
Entrega de Quadros de Serviço Unicast	<b>DEVERIA</b> estar configurado para <i>Condicional</i> com a condição que a entrega de quadros Unicast está sujeita aos processos de aprendizagem dinâmica e de filtragem como descrito no padrão IEEE 802.1Q-2014 para bridges operando com aprendizagem independente e aprendizagem VLAN compartilhada.
Entrega de Quadros de Serviço Multicast	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.5 deste livro
Entrega de Quadros de Serviço Broadcast	<b>DEVERIA</b> ser configurado para <i>Incondicional</i>
Preservação de CE-VLAN ID	Nenhuma restrição adicional aos subitens 2.5.1, 2.6.2 e 4.3.1.6 deste livro
Preservação de CE-VLAN CoS	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.6 deste livro
Desempenho de EVC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.1.8 deste livro

Figura 4.48 – Atributos de serviço de EVC específicos para o EVP-Tree (MEF 6.2, Tabela 24 revista).

#### 4.4.6.2 – Atributos de Serviço de UNI Específicos para o EVP-Tree

A Figura 4.49 apresenta os atributos de serviço de UNI específicos para o serviço EVP-Tree, com os seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de UNI</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Multiplexação de Serviços	<b>DEVERIA</b> ser configurado para <i>Habilitado</i>
Agrupamento (Bundling)	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.12 deste livro.
Agrupamento Todos para Um	<b>DEVE</b> ser configurado para <i>Desabilitado</i>
Mapa CE-VLAN ID / EVC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.10 deste livro. Pelo menos um CE-VLAN ID <b>DEVE</b> mapear em cada EVC
Número Máximo de EVCs	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.11 deste livro.

Figura 4.49 – Atributos de serviço de UNI específicos para o EVP-Tree (MEF 6.2, Tabela 22 revista).

#### 4.4.6.3 – Atributos de Serviço de EVC por UNI Específicos para o EVP-Tree

A Figura 4.50 apresenta os atributos de serviço de EVC por UNI para o serviço EVP-Tree com seus parâmetros e respectivos valores.

<b>Atributo de Serviço de EVC por UNI</b>	<b>Parâmetros e Valores</b>
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EEC	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.3.8 deste livro.
Limites de Endereços MAC de Origem	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.3.9 deste livro.

Figura 4.50 – Atributos de serviço de EVC por UNI específicos para o EVP-Tree (MEF 6.2, Tabela 23 revista).

## CAPÍTULO 5

### SERVIÇOS ETHERNET DE OVC

#### 5.1 – PREÂMBULO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os serviços Ethernet de OVC, ou simplesmente serviços de OVC, com ênfase nos respectivos atributos de serviços e nos parâmetros e valores desses atributos de serviço para cada tipo de serviço.

Os atributos de serviço para os serviços de OVC em geral são o objeto do padrão MEF 26.2, enquanto o padrão MEF 51, destinado à definição dos serviços de OVC específicos com os correspondentes parâmetros e valores de atributos de serviço, inclui também uma revisão dos atributos de serviço para os serviços de OVC em geral com uma roupagem mais próxima desses serviços.

No que concerne especificamente aos serviços de OVC de acesso, foi emitido o padrão MEF 33, que apresenta uma abordagem diferente daquela do padrão MEF 51. A opção adotada neste livro, é a de apresentar igualmente as abordagens do padrão MEF 33 e padrão MEF 51.

#### 5.2 – PADRÃO MEF 26.2

Os conceitos que fundamentam os atributos de serviço gerais para os serviços de OVC foram apresentados no Capítulo 2 e no Capítulo 3 deste livro.

O padrão MEF 26.2 classifica os atributos de serviços gerais para os serviços de OVC da seguinte forma:

- Atributos de serviço comuns de ENNI;
- Atributos de serviço multilaterais de operador (de CEN);
- Atributos de serviço de operador (de CEN).

Os atributos de serviço de operador definem os serviços que um operador presta a um SP/SO (*Service Provider/Super Operator*). Esses atributos de serviço descrevem os possíveis comportamentos das EIs (UNIs e ENNIs), tanto em cada uma dessas EIs quanto entre elas.

As implementações de rede de um operador é opaca para o SP/SO. O que importa é o comportamento observado pelo SP/SO, comportamento esse que se manifesta pelos seguintes conjuntos de atributos de serviço de operador:

- Atributos de serviço de OVC;
- Atributos de serviço de ENNI;

- Atributos de serviço de UNI de operador;
- Atributos de serviço de VUNI;
- Atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC.

É importante registrar que os atributos de serviço de operador, com os seus valores e requisitos, dizem respeito a um único operador. O valor para cada um desses atributos de serviço é acordado entre o provedor de serviço e o operador da CEN. Em alguns casos esses valores são acordados entre um superoperador e o operador da CEN.

### **5.2.1 – Atributos de Serviço Comuns de ENNI**

Atributos de serviço comuns de ENNI são aqueles representados por um único valor para as duas CENs envolvidas em uma ENNI, valor esse que deve ser acordado pelos operadores das duas CENs.

São exemplos de atributos de serviço comuns de ENNI a camada física entre as ENNIs-N de uma ENNI e os formatos de quadros de ENNI válidos.

Os SPs/SOs, que não participam dos acordos, podem ou não ter conhecimento dos valores acordados.

A relação de atributos de serviço comuns de ENNI definidos no padrão MEF 26.2, com as suas descrições sumárias e respectivos possíveis valores, encontra-se na Figura 5.1.

<b>me do Atributo</b>	<b>Descrição Sumária</b>	<b>Valores Possíveis</b>
Identificador de Peering em ENNI	Um identificador para ENNI com propósitos operacionais pelos operadores que se interconectam na ENNI	É uma string que é única em todas as ENNIs das CENs de operador
Camada Física em ENNI	A camada física de cada um dos links que suportam a ENNI	Um subconjunto das PHYs relacionadas no padrão IEEE 802.3-2012 para cada link físico
Formato de Quadro de ENNI	O formato das PDUs na ENNI	Conforme o subitem 3.4.5.1 deste livro
Número de Links em ENNI	O número de links físicos na ENNI	Um número inteiro positivo
Agregação de Link em ENNI	Método para proteção, se houver, contra uma falha no link físico	<i>None, 2-Link Active/Standby, All Active, ou Other</i>
Mapa Identificador de Porta de Conversação em ENNI/Agregação de Link	O mapeamento entre identificadores de porta de conversação e os links físicos	Consultar o padrão IEEE 802.1AX – 2014
MEG de ENNI	A indicação da instanciação do MEG de ENNI	Habilitado ou Desabilitado
MEG de Link do LAG em ENNI	A indicação da Instanciação do LAG Link MEG em cada link físico da ENNI	Habilitado ou Desabilitado (Ver Capítulo 9 deste livro)
OAM de Link em ENNI	A indicação da instanciação do OAM de Link em cada link físico na ENNI	Habilitado ou Desabilitado (Ver Capítulo 9 deste livro)

Figura 5.1 – Atributos de serviço comuns de ENNI (MEF 26.2, Tabela 3).

## 5.2.2 - Atributos de Serviço Multilaterais de Operador

Um atributo de serviço multilateral de operador é um comportamento de um operador de CEN em um ENNI que é visível externamente para um provedor de serviço ou para um super operador que utiliza essa CEN e/ou para os outros operadores cujas CENs se encontram do outro lado da ENNI.

Um atributo de serviço multilateral de operador possui o mesmo valor para todos os provedores de serviço ou super operadores que utilizam a CEN e a ENNI, para os quais o comportamento é visível externamente.

Em consequência, várias organizações podem ter que concordar no valor a ser utilizado. Tais organizações são o operador da CEN, o provedor de serviço ou os super operadores que utilizam a CEN, e certos operadores de CENs situadas do outro lado da ENNI.

Observa-se que os atributos de serviço multilaterais de operador diferem dos atributos de serviço comuns de ENNI, porque nesses primeiros atributos os operadores em cada lado da ENNI podem possuir valores próprios para um mesmo atributo de serviço.

A Figura 5.2 apresenta os atributos de serviço multilaterais de operador definidos no padrão MEF 26.2, com as suas descrições sumárias e os respectivos possíveis valores.

Nome do Atributo	Descrição Sumária	Valores Possíveis
ENNI L2CP Peering	Especifica os L2CPs processados ( <i>peered</i> ) pela CEN	Ver padrão MEF 45 (Capítulo 8 deste livro)
Processamento de Quadro de ENNI L2CPTagged	Especifica o comportamento de processamento para tagged L2CPs	Ver padrão MEF 45 (Capítulo 8 deste livro)
Tamanho Máximo de Quadro ENNI	Tamanho máximo de quadro de ENNI em bytes que pode ser processado de maneira confiável	Um número inteiro positivo

Figura 5.2 – Atributos de serviço multilaterais de operador (MEF 26.2, Tabela 5).

### 5.2.3 – Atributos de Serviço de OVC

A Figura 5.3 apresenta os atributos de serviço de OVC com base no padrão MEF 26.2.

Nome do Atributo	Descrição Sumária	Valores Possíveis
Identificador de OVC	Um identificador para OVC com o propósito de gerenciamento	Uma string que é única na CEN de operador
Tipo de OVC	Uma indicação do número e dos papéis dos Pontos de Terminação de OVC associados pela OVC	Ponto a ponto, Multiponto a multiponto ou multiponto com raiz
Lista de Pontos de Terminação de OVC	Uma lista de Pontos de Terminação de OVC associados pela OVC	Uma lista de identificadores de pontos de terminação de OVC
Número Máximo de Pontos de Terminação de OVC em UNI	O limite máximo do número de Pontos de Terminação de OVC nas diferentes UNIs que podem ser associadas pela OVC	Um número inteiro maior que ou igual a zero
Número Máximo de Pontos de Terminação de OVC em ENNI	O limite máximo do número de Pontos de Terminação de OVC nas diferentes ENNIs que podem ser associadas pela OVC	Um número inteiro positivo

Tamanho Máximo de Quadro de OVC	Tamanho máximo em bytes permitido em um quadro mapeado em um ponto de terminação de OVC que é associado pela OVC	Um número inteiro de bytes maior que ou igual a 1526
Preservação de CE-VLAN ID em OVCs	Uma relação entre o formato e o valor do campo CE-VLAN ID de um quadro de EI em uma EI e o formato e o valor do campo CE-VLAN ID do quadro de EI correspondente em outra EI.	<i>Preserve, Strip ou Retain</i>
Preservação de CE-VLAN PCP em OVCs	Uma relação entre o formato e o campo PCP de um quadro de EI em uma EI e o formato e o valor do campo PCP do quadro de EI correspondente em outra EI.	Habilitado ou Desabilitado
Preservação de CE-VLAN DEI em OVCs	Uma relação entre o formato e o valor do campo CE-VLAN DEI de um quadro de EI em uma EI e o formato e o valor do campo CE-VLAN DEI do quadro de EI correspondente em outra EI.	Habilitado ou Desabilitado
Preservação de S-VLAN PCP em OVCs	Uma relação entre o valor do campo S-VLANPCP de um quadro em uma ENNI e o valor do campo S-VLAN PCP do quadro correspondente em outra ENNI	Habilitado ou Desabilitado
Preservação de S-VLAN DEI em OVCs	Uma relação entre o valor do campo S-VLAN DEI de um quadro em uma ENNI e o valor do campo S-VLAN DEI do quadro correspondente em outra ENNI	Habilitado ou Desabilitado
Lista de CoS Names em OVCs	Os nomes das Classes de Serviço suportadas pela OVC	Uma lista de nomes de classe de serviço ( <i>CoS Names</i> )
Especificação do Nível de Serviço em OVC	Definições de desempenho na entrega de quadros e objetivos para quadros entre EIs	Ver sessão 12.13 do padrão MEF 26.2
Entrega de Quadro de OVC	A forma pela qual quadros de ingresso mapeados em um Ponto de Terminação de OVCs são entregues para a outra EI com Pontos de Terminação de OVC associados pela OVC	Uma 3-tupla onde cada elemento é igual a Descarta, Entrega Incondicionalmente ou Entrega Condicionalmente
Nível de MEG Disponível em OVC	Especifica o nível de MEG mais baixo disponível para o SP/SO	0,1,2,...,7 ou nenhum

Conjunto de Endereços L2CP em OVC	O subconjunto de Endereços Reservados de bridge que são <i>peered</i> (processados) ou descartados	Ver padrão MEF 45 (Capítulo 8 deste livro)
-----------------------------------	--	--

**Figura 5.3 – Atributos de serviço de OVC (MEF 26.2, Tabela 6).**

Para grande parte dos atributos de serviço de OVC, as descrições sumárias nessa figura são suficientes neste livro. Os leitores interessados podem consultar a Seção 12 do padrão MEF 26.2 para descrição mais detalhada dos atributos de serviço de OVC.

Serão apresentados, a seguir, os atributos de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs e Preservação de CE-VLAN PCP em OVCs.

### 5.2.3.1 – Atributo de Serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs

Para uma introdução ao atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs o leitor deve consultar o subitem 2.5.1.2 do Capítulo 2 deste livro, sendo essa consulta importante para prosseguir no presente subitem.

Recorda-se aqui apenas o fato de que esse atributo de serviço pode apresentar os valores *Preserve*, *Strip* ou *Retain*.

#### ***Hipótese 1*** – Quando uma OVC:

- Possui o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs setado para *Preserve*;
- Associa no mínimo um @UNI ou um @VUNI;
- Todos os CE-VLAN IDs mapeiam em cada @UNI;
- Todos os ENNI CE-VLAN IDs mapeiam em cada @VUNI.

Então, a relação entre o formato do quadro de serviço na EI de ingresso e o formato do correspondente quadro de serviço na EI de egresso devem ser como especificado na figura Figura 5.4.

Ponto de Terminação de OVC de Ingresso	Formato do Quadro de Ingresso	Ponto de Terminação de OVC de Egresso	Formato do Quadro de Egresso
@UNI	Untagged	@UNI	Untagged
@UNI	Untagged	@ENNI ou @VUNI	Apenas S-Tag
@UNI	C-Tagged	@UNI	C-Tagged com o valor de VLAN ID igual ao valor de VLAN ID no quadro de serviço de ingresso no @UNI de ingresso
@UNI	C-Tagged	@ENNI ou @VUNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag no @UNI
@ENNI ou @VUNI	S-Tag e C-Tag	@UNI	C-Tagged com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag no quadro de ingresso no @ENNI ou no @VUNI
@ENNI ou @VUNI	Apenas S-Tag	@UNI	Untagged
@ENNI ou @VUNI	S-Tag e C-Tag	@ENNI ou @VUNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag no @ENNI de ingresso ou @VUNI de ingresso
@ENNI ou @VUNI	Apenas S-Tag	@ENNI ou @VUNI	Apenas S-Tag

Figura 5.4 - Relação entre formatos na hipótese 1 (MEF 26.2, tabela 8)

**Hipótese 2** – Quando uma OVC:

- Possui o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs setado para *Preserve*;
- Associa no mínimo um @UNI ou um @VUNI;
- Nem todos os CE-VLAN IDs mapeiam em pelo menos um @UNI ou nem todos os ENNI CE-VLAN IDs mapeiam em pelo menos um @VUNI.

Então, a relação entre o formato do quadro de serviço na EI de ingresso e o formato do correspondente quadro de serviço na EI de egresso, deve ser como especificado na Figura 5.5.

Ponto de Terminação de OVC de Ingresso	Formato do Quadro de Ingresso	Ponto de Terminação de OVC de Egresso	Formato do Quadro de Egresso
@UNI	C-Tagged com o valor de VLAN ID na faixa 1,..., 4094	@UNI	C-Tagged com o valor de VLAN ID igual ao valor de VLAN ID no quadro de serviço de ingresso no @UNI quando o valor de VLAN ID no C-Tag do quadro de serviço de ingresso não é igual ao valor do atributo de serviço <i>Operator UNI Default CE-VLAN ID</i> na UNI de egresso
@UNI	C-Tagged com o valor de VLAN ID na faixa 1,..., 4094	@ENNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag no @UNI
@UNI	C-Tagged com valor de VLAN ID igual a zero	@ENNI	Apenas S-Tag ou S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor do atributo de serviço <i>Operator UNI Default CE-VLAN ID</i>
@UNI	Untagged	@ENNI	Apenas S-Tag
@UNI	C-Tagged com o valor de VLAN ID na faixa 1,..., 4094	@VUNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag no @UNI quando o valor de VLAN ID não é igual ao valor do atributo de serviço <i>VUNI Default ENNI CE-VLAN ID</i>
@ENNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag na faixa 1,..., 4094	@UNI	Tagged com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag do quadro de ingresso no @ENNI quando o valor de VLAN ID no C-Tag do quadro de ENNI de ingresso não é igual ao valor do atributo de serviço <i>Operator UNI Default CE-VLAN ID</i> na UNI de egresso
@ENNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag na faixa 1,..., 4094	@ENNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual o valor de VLAN ID no C-Tag no @ENNI de ingresso
@ENNI	Apenas S-Tag	@ENNI	Apenas S-Tag

@ENNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag na faixa 1,..., 4094	@VUNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag no @ENNI de ingresso quando o valor de VLAN ID não é igual ao valor do atributo de serviço <i>VUNI Default ENNI CE-VLAN ID</i>
@VUNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag na faixa 1,..., 4094	@UNI	Tagged com o valor de CE-VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag do quadro de ingresso no @VUNI quando o valor de VLAN ID no C-Tag do quadro de ENNI de ingresso não é igual ao valor do atributo de serviço <i>Operator UNI Default CE-VLAN ID</i> na UNI de egresso
@VUNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag na faixa 1,..., 4094	@ENNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag no @VUNI de ingresso
@VUNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual a zero	@ENNI	Apenas S-Tag ou S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor do atributo de serviço <i>VUNI Default ENNI CE-VLAN ID</i>
@VUNI	Apenas S-Tag	@ENNI	Apenas S-Tag
@VUNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag na faixa 1,..., 4094	@VUNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag no @VUNI de ingresso quando o valor de VLAN ID não é igual ao valor do atributo de serviço <i>VUNI Default ENNI CE-VLAN ID</i> de egresso

Figura 5.5 – Relação entre formatos na hipótese 2. (MEF 26.2, tabela 9)

Para o pleno entendimento dessa figura, torna-se necessário rever o conceito de *Operator UNI Default CE-VLAN ID* e antecipar o conceito de *VUNI Default ENNI CE-VLAN ID*.

Conforme o subitem 2.6.2 do Capítulo 2 deste livro, o *Operator UNI Default CE-VLAN ID* é um valor de CE-VLAN ID configurado em um UNI com acesso Baseado em VLAN, para inclusão em quadros de serviço *untagged* e *priority tagged* que ingressam por essa UNI.

O atributo de serviço *VUNI S-VLAN ID* é um número inteiro na faixa 1, 2, ..., 4094 que identifica de forma única uma VUNI na ENNI. Esse valor é utilizado no

Mapa de Ponto de Terminação de OVC no formato V para cada um dos Pontos de Terminação de OVC da VUNI.

Se um quadro de ENNI possui um S-Tag cujo valor de S-VLAN ID é igual ao valor do VUNI S-VLAN ID para uma VUNI na ENNI, e se esse quadro de ENNI não possui um C-Tag ou possui um C-Tag cujo valor de VLAN ID é igual a zero, então o valor de ENNI CE-VLAN ID nesse quadro de ENNI é referido como *VUNI Default ENNI CE-VLAN ID*.

### **Hipótese 3**

Quando uma OVC possui o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs setado para *Strip* ou para *Retain*, então a relação entre o formato de um quadro de serviço na EI de ingresso e o formato do correspondente quadro de serviço na EI de egresso deve ser como especificado na Figura 5.6.

Ponto de Terminação de OVC de Ingresso	Formato do Quadro de Ingresso	Ponto de Terminação de OVC de Egresso	Formato do Quadro de Egresso	
			Valor = Retain	Valor = Strip
@UNI	C-Tagged	@ENNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag no @UNI.	Apenas S-Tag
@UNI	Untagged	@ENNI	Apenas S-Tag	Apenas S-Tag
@VUNI	S-Tag e C-Tag	@ENNI	S-Tag e C-Tag com o valor de VLAN ID no C-Tag igual ao valor de VLAN ID no C-Tag no @VUNI	Apenas S-Tag
@VUNI	Apenas S-Tag	@ENNI	Apenas S-Tag	Apenas S-Tag

**Figura 5.6 – Relação entre formatos na hipótese 3 (MEF 26.2, Tabela 10).**

Essa figura mostra as formas pelas quais um operador de CEN trata quadros de EI que ingressam em uma OVC por uma UNI ou por uma VUNI, e que egressam da OVC por uma ENNI. Uma coluna diz respeito ao caso em que o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs apresenta o valor *Retain*, enquanto a outra coluna diz respeito ao caso em que esse valor é igual a *Strip*.

Como se observa na figura 5.6, quando o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID em OVCs se encontra setado para *Retain*, o egresso de quadros de

serviço por um @ENNI, quadros esses que ingressam por um @UNI ou por um @VUNI, ocorre exatamente da mesma forma que no caso desse atributo de serviço estar setado para *Preserve*.

A diferença entre essas duas condições se verifica em quadros de serviço que ingressam por um @ENNI, quando podem ocorrer alterações nos valores de VLAN ID.

### **5.2.3.2 – Atributo de Serviço Preservação de CE-VLAN PCP em OVCs.**

O atributo de serviço Preservação de CE-VLAN PCP em OVCs pode se encontrar Habilitado ou Desabilitado.

Quando uma OVC possui o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN PCP com o valor Habilitado, a relação entre o formato de um quadro de serviço na EI de ingresso e o formato do correspondente quadro de serviço na EI de egresso encontra-se especificada na Figura 5.7.

Interface de Ingresso	Formato do Quadro de Ingresso	Interface de Egresso	Formato do Quadro de Egresso
@UNI	C-Tagged	@UNI	Se for C-Tagged, então o valor do PCP é igual ao do PCP no C-Tag do quadro de serviço de ingresso
@UNI	C-Tagged	@ENNI	O S-Tag e o C-Tag com o valor de PCP no C-Tag igual ao valor do PCP no C-Tag do quadro de serviço de ingresso
@UNI	C-Tagged	@VUNI	Se tiver com Tag duplo, então o valor de PCP do C-Tag é igual ao valor do PCP no C-Tag do quadro de serviço de ingresso
@ENNI	S-Tag e C-Tag	@UNI	Se for C-Tagged, então o valor do PCP é igual ao valor do PCP no C-Tag do quadro de ENNI de ingresso
@ENNI	S-Tag e C-Tag	@ENNI	O S-Tag e o C-Tag com o valor de PCP no C-Tag igual ao valor do PCP no C-Tag do quadro de ENNI de ingresso
@ENNI	S-Tag e C-Tag	@VUNI	Se estiver com Tag duplo, então o valor de PCP do C-Tag é igual ao valor do PCP no C-Tag do quadro de ENNI de ingresso
@VUNI	S-Tag e C-Tag	@UNI	Se for C-Tagged, então o valor do PCP é igual ao valor do PCP no C-Tag do quadro de ENNI de ingresso
@VUNI	S-Tag e C-Tag	@ENNI	O S-Tag e o C-Tag com o valor de PCP no C-Tag igual ao valor do PCP no C-Tag do quadro de ENNI de ingresso
@VUNI	S-Tag e C-Tag	@VUNI	Se estiver com Tag duplo, então o valor de PCP do C-Tag é igual ao valor do PCP no C-Tag do quadro de ENNI de ingresso

**Figura 5.7 – Relação entre formatos na hipótese deste item (MEF 26.2, Tabela 11).**

Se uma EVC é constituída por OVCs em diferentes CENs com o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN PCP em OVCs setado para Habilitado, então essa EVC terá o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN CoS também setado para Habilitado.

#### **5.2.4 – Atributos de Serviço de ENNI**

Enquanto os atributos de serviço comuns de ENNI envolvem um acordo entre os operadores de rede que suportam a ENNI, e os atributos de serviço multilaterais de operador envolvem um acordo entre esses operadores de rede e

também o SP/SO, os atributos de serviço de ENNI envolvem apenas o operador de cada CEN contratada e o SP/SO contratante.

Para um dado SP/SPO que utiliza uma ENNI, um dado atributo de serviço de ENNI pode apresentar valores idênticos ou valores diferentes nas CENs dos operadores de rede envolvidos nessa ENNI. É mesmo possível que o valor de um atributo de serviço de ENNI possa ser diferente para diferentes SPs/SOs que utilizem uma dada ENNI.

Os atributos de serviço de ENNI encontram-se sumarizados na Figura 5.8.

Nome do Atributo	Descrição Sumária	Valores Possíveis
Identificador de Operador ENNI	Um identificador para o ENNI para fins de gerenciamento	Uma string que é única em toda a ENNI do operador da CEN
Controle de S-VLAN ID	O nível que o SP/SO pode usar o VLAN ID para mapear os pontos de terminação de OVC	Full ou Partial
Número Máximo de OVCs	O número máximo de OVCs que o operador da CEN pode suportar na ENNI	Um inteiro positivo
Número Máximo de Pontos de Terminação OVC por OVC	O número máximo de pontos de terminação de OVCs que o operador da CEN pode suportar na ENNI para uma OVC	Um inteiro positivo
Token Share ENNI	Um indicador de suporte de mapeamento mais de um perfil de vazão de tráfego para um envelope na ENNI	Habilitado ou Desabilitado
Envelopes ENNI	O envelope e o seu correspondente valor "Envelope Coupling Flag" que o perfil de vazão de tráfego pode mapear	Uma lista de entradas na forma <Envelope ID value, Envelope Coupling Flag value>

Figura 5.8 – Atributos de serviço de ENNI (MEF 26.2, Tabela 24).

## 5.2.5 – Atributos de Serviço de UNI de Operador

Os valores para cada um dos atributos de serviço de UNI de Operador devem ser acordados entre o SP/SO e o operador de rede.

A Figura 5.9 apresenta os atributos de serviço de UNI de Operador.

Nome do Atributo	Descrição Sumária	Valores Possíveis
Operador de Link OAM da UNI	A indicação da instanciação de OAM de Link nos links físicos de da UNI	Habilitado ou Desabilitado
MEG de UNI de Operador	A indicação da instanciação do MEG de UNI	Habilitado ou Desabilitado
Link MEG de LAG de UNNI de Operador	A indicação da instanciação do Link MEG do LAG	Habilitado ou Desabilitado
E-LMI de UNI de Operador	A indicação do suporte do E-LMI de acordo com o MEF 16	Habilitado ou Desabilitado
Token Share de Operador	A indicação do suporte de mapeamento mais de um Perfil de Vazão de Tráfego e um envelope na UNI	Habilitado ou Desabilitado
Envelopes de UNI de Operador	Os valores de Envelopes e do Coupling Flag do Envelope para os quais o Perfil de Vazão de Tráfego pode ser mapeado	Uma lista de entradas na forma <Envelope ID value, Envelope Coupling Flag value>

Figura 5.9 – Atributos de serviço de UNI de Operador (MEF 26.2, Tabela 25).

### 5.2.6 – Atributos de Serviço de VUNI

Os conceitos de VUNI, de RUNI, de UTA e de *Feeder OVCs* foram apresentados no item 3.6 do Capítulo 3 deste livro, acompanhados por diversos exemplos de sua aplicação.

Na Figura 5.10 encontram-se representados os atributos de serviço de VUNI.

Nome do Atributo	Descrição Sumária	Valores Possíveis
Identificador da VUNI	Um identificador para a instância da VUNI com propósitos operacionais	Uma string que é única dentre todos os Identificadores de VUNI para a CEN de Operador
S-VLAN ID na VUNI	Um valor que permite o mapeamento de quadros de ENNI para Pontos de Terminação de OVC na VUNI	Um número inteiro na faixa de 1,2..., 4094
VUNI Default ENNI CE-VLAN ID	O valor de ENNI CE-VLAN ID para quadros de ENNI sem C-Tag ou com C-Tag com o VLAN ID igual a zero	Um número inteiro na faixa de 1,2..., 4094
Número Máximo de Pontos de Terminação de OVC na VUNI	O número máximo de Pontos de Terminação de OVC que podem existir em uma VUNI	Um número inteiro positivo
Número Máximo de ENNI CE-VLAN IDs por Ponto de Terminação de OVC na VUNI	O número máximo de valores de ENNI CE-VLAN ID que podem ser mapeados em um Ponto de Terminação de OVC que se encontra na VUNI	Um número inteiro positivo
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso na VUNI	O Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso em uma VUNI	Valor <i>Parameters</i> ou valor Desabilitado.Quando for o valor <i>Parameters</i> , diversos valores de parâmetros necessitam ser acordados pelo SP/SO e pelo Operador
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso na VUNI	O Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso em uma VUNI	Valor <i>Parameters</i> ou valor Desabilitado.Quando for o valor <i>Parameters</i> , diversos valores de parâmetros necessitam ser acordados pelo SP/SO e pelo Operador
Lista de Ponto de Terminação de Manutenção da VUNI	A indicação da instanciação de um MEG MEP	Uma lista onde cada item especifica o Nível de MEG

Figura 5.10 – Atributos de Serviço de VUNI (MEF 26.2, Tabela 27).

O padrão MEF 28 (*External Network Network Interface (ENNI)Support for UNI Tunnel Access and Virtual UNI*) define uma série de condições (*constraints*) impostas aos diferentes atributos de serviço de OVC definidos no padrão MEF 26.2, condições essas relativas à operacionalização de VUNIs, de RUNIs e de UTAs.

### 5.2.7 – Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC

Um Ponto de Terminação de OVC representa a conexão lógica de uma OVC a uma EI (UNI ou ENNI).

Os Pontos de Terminação de OVC foram abordados no item 3.4 do Capítulo 2 deste livro. Recomenda-se ao leitor rever esse item neste ponto.

A Figura 5.11 apresenta os atributos de serviço de Pontos de Terminação de OVC.

Nome do Atributo	Descrição Sumária	Valores Possíveis
Identificador de Ponto de Terminação de OVC	Um Identificador para um Ponto de Terminação de OVC com Propósitos Operacionais	Uma string que é única entre todos os valores de pontos de terminação de OVC através da CEN do Operador
Tipo de Interface Externa onde se localiza o Ponto de Terminação de OVC	Identifica o Tipo de Interface Externa na qual o Ponto de Terminação de OVC está localizado	UNI ou ENNI
Identificador de Interface Externa onde se localiza o Ponto de Terminação de OVC	O valor do Identificador para a Interface Externa na qual o Ponto de Terminação de OVC está localizado	Um valor do atributo de serviço Identificador de Operador de ENNI conforme seção 13.1 do padrão MEF 26.2, ou um valor do atributo de serviço identificador de Operador de UNI conforme seção 14.1 do padrão MEF 26.2
Papel do Ponto de Terminação do OVC	Indica como quadros de EI mapeados no Ponto de Terminação de OVC podem ser enviados	Raiz, Folha ou Tronco
Mapa de Ponto de Terminação de OVC	A informação que determina quais quadros de EI estão mapeados no Ponto de Terminação de OVC	Uma das quatro possíveis formas como indicado na seção 16.1 do padrão MEF 26.2
Identificador de Classe de Serviço no Ponto de Terminação de OVC	O mecanismo que permite que um CoS name seja determinado para um quadro de EI de ingresso	Uma sequência na forma <F, M, P> onde o valor de F é um campo no quadro de EI de ingresso, M é um mapeamento entre cada possível valor do campo F e um CoS Name, IP é um mapa entre tipos de L2CP e CoS Names
Identificador de Cor no Ponto de Terminação de OVC	O mecanismo pelo qual a Cor de um quadro de EI é determinada com base no conteúdo do quadro de EI para um Ponto de Terminação de OVC	Uma sequência na forma <F,M> onde F é um campo no quadro de EI de ingresso e M é um mapeamento entre cada possível valor do campo F e uma Cor.

Mapa de Egresso no Ponto de Terminação de OVC	A especificação do conteúdo do valor do PCP e do DEI no S-Tag e/ou no C-Tag para quadros de EI de Egresso	Seis formatos de mapa: <i>CN&gt;S-Tag PCP</i> , <i>CC&gt;STag DEI</i> , <i>CCS-Tag PCP</i> , <i>CN&gt;C-Tag PCP</i> , <i>CC&gt;C-Tag DEI</i> , e <i>CC&gt;C-Tag PCP</i> , conforme descrição na seção 16.8 do padrão MEF 26.2
EEC ID no Ponto de Terminação de OVC	O mecanismo que permite que um EEC ID seja determinado para um quadro de EI de egresso	Uma sequencia na forma <F, M, P> onde o valor de F é um campo no quadro de EI de engresso, M é um mapeamento entre cada possível valor do campo F e um EEC Name, IP é um mapa entre tipos de L2CP e EEC Names
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Ponto de Terminação de OVC	Policiamento de Ingresso em todos os quadros de EI de ingresso mapeados no Ponto de Terminação de OVC	<i>Parameters</i> ou <i>Disabled</i> . Quando <i>Parameters</i> , vários valores de parâmetros necessitam ser objeto de acordo entre o SP/SO e o Operador
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Ponto de Terminação de OVC	Policiamento no Egresso e Shaping para todos os quadros de EI de Egresso com mapeados no Ponto de Terminação de OVC	<i>Parameters</i> ou <i>Disabled</i> . Quando <i>Parameters</i> , vários valores de parâmetros necessitam ser objeto de acordo entre o SP/SO e o Operador
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por CoS Name	Policiamento no Ingresso e de todos os quadros de EI de ingresso com um dado CoS Name para o operador de CEN receptor.	Uma lista de pares na forma (x,y) onde x é um CoS Name que é suportado pela OVC que associa o ponto de terminação de OVC e y tem o valor <i>Parameters</i> ou <i>Disabled</i> . Quando <i>Parameters</i> , vários valores de parâmetros necessitam ser objeto de acordo entre o SP/SO e o Operador
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por nome de Classe de Equivalência	Policiamento no Egresso e Shaping para todos os quadros de EI de Egresso com um dado EEC Name	Uma lista de pares na forma (x,y) onde x é um <i>EEC Name</i> e y tem o valor <i>Parameters</i> ou <i>Disabled</i> . Quando <i>Parameters</i> , vários valores de parâmetros necessitam ser objeto de acordo entre o SP/SO e o Operador

Extensão da Agregação de Link no Ponto de Terminação de OVC	O número de links na ENNI que pode transportar quadros de ENNIs mapeados no Ponto de Terminação de OVC	Uma lista de pares na forma <Valor de S-VLAN ID, Número Inteiro Positivo>. Aplicável apenas para Pontos de Terminação de OVCs em uma ENNI
Limite de Endereços MAC de Origem no Ponto de Terminação de OVC	Um limite no número de diferentes endereços MAC de origem que podem ser utilizados	<i>Disabled</i> ou o par $(N, \tau)$ onde $N$ é um número inteiro positivo e $\tau$ é o intervalo de tempo.
MIP no Ponto de Terminação de OVC	A indicação da instanciação de um MIP	Habilitado ou Desabilitado
Lista de MEPs no Ponto de Terminação de OVCs	Os MEPs habilitados para o ponto de terminação de OVC	Um lista onde cada item especifica o Nível de MEG e o sentido para um MEP

Figura 5.11 – Atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC (MEF 26.2, Tabela 30).

Para a maior parte dos atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC constantes dessa figura, o presente item limitar-se-á às respectivas descrições sumárias e possíveis valores.

Para o atributo de serviço Papel de Ponto de Terminação OVC (*OVC End Point Role*), cujos possíveis valores são Raiz, Folha ou Tronco, o item 3.4 do Capítulo 3 deste livro, já acima mencionado, oferece uma descrição detalhada.

O atributo de serviço Mapa de Ponto de Terminação de OVC, por sua vez, foi abordado de forma satisfatória no subitem 3.6.3.1 e em outros subitens do Capítulo 3 deste livro.

Serão aqui abordados os seguintes atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC:

- Identificador de Classe de Serviço (CoS ID);
- Identificador de Cor (*Color ID*);
- Mapa de Egresso;
- Identificador de Classe de Equivalência de Egresso (EEC ID).

#### 5.2.7.1 – Identificador de Classe de Serviço em Ponto de Terminação de OVC

A Seção 16.6 do padrão MEF 26.2 define o atributo de serviço CoS ID em Ponto de Terminação de OVC.

Basicamente esse atributo de serviço representa uma versão ampliada do atributo de serviço CoS ID em uma UNI de uma EVC definido no subitem 4.3.3.2 do Capítulo 4 deste livro, em que se consideram a ENNI e a VUNI. Recomenda-se ao leitor rever esse subitem neste ponto.

O padrão MEF 26.2 define CoS ID nas seguintes alternativas de Ponto de Terminação de OVC:

- Ponto de Terminação de OVC em uma ENNI que não se encontra em uma VUNI;
- Ponto de Terminação de OVC em uma ENNI que se encontra em uma VUNI;
- Ponto de Terminação de OVC em uma UNI.

O padrão MEF 26.2 define um valor do atributo de serviço CoS ID em Ponto de Terminação de OVC como um conjunto no formato <F, M, P>.

O campo F, que representa a base para a definição do CoS ID, pode assumir os seguintes valores:

- Ponto de Terminação de OVC;
- Campo PCP de S-Tag;
- Campo PCP de C-Tag;
- Campo DSCP de IPv4 ou IPv6.

O campo M representa um mapa que exibe a correspondência entre cada possível valor de F (ou a ausência de F) e um valor de *CoS Name* (ou de *CoS Label*).

O campo P representa um mapa que exibe a correspondência entre cada L2CP e um valor de *CoS Name* (ou de *CoS Label*).

Os valores de F, M e P podem ser diferentes para cada Ponto de Terminação de OVC que é associado por uma OVC.

#### • ENNI Não Associada a uma VUNI

Nessa alternativa, o atributo de serviço CoS ID para Quadros de Serviço de Dados de ingresso deve se basear no campo PCP de S-Tag.

Por exemplo, os valores 0, 1, 2 e 3 do PCP de S-Tag podem corresponder ao *CoS Name Silver*, enquanto os valores 4, 5, 6 e 7 podem indicar o *CoS Name Gold*.

Também nessa alternativa o valor do mapa P deve ser nulo, o que significa que a Quadros de Serviço L2CP de ingresso devem ser atribuídos *CoS Names* como se fossem Quadros de Serviço de Dados de ingresso.

#### • ENNI Associada a uma VUNI ou a uma UNI

Nessas alternativas, o atributo de serviço CoS ID para Quadros de Serviço de Dados de ingresso deve se basear no Ponto de Terminação de OVC, no PCP do C-Tag ou no DSCP.

A Figura 5.12 apresenta um exemplo em que o atributo de serviço CoS ID se baseia no DSCP, ou seja, um exemplo de Mapa M quando F é o campo DSCP.

IPv4 DSCP Values	IPv6 DSCP Values	Class of Service Name
11,37,45		<i>Superior</i>
8,10,12		<i>Near Superior</i>
All other values		<i>Discard</i>
No IP Packet	No IP Packet	<i>Good Enough</i>
	All values	<i>Good Enough</i>

Figura 5.12 – Exemplo de Mapa M para F igual ao DSCP (MEF 26.2 Tabela 32).

Como se observa, essa alternativa corresponde exatamente ao caso definido no padrão MEF 10.3 para o CoS ID em uma UNI de uma EVC. O mesmo ocorre para o caso de Quadros de Serviço L2CP de ingresso.

### 5.2.7.2 – Identificador de Classe de Cor em Ponto de Terminação de OVC

A Seção 16.7 do padrão MEF 6.2 define o atributo de serviço Identificador de Classe de Cor (*Color ID*) em Ponto de Terminação de OVC. Fundamentalmente, esse atributo de serviço representa uma versão ampliada do atributo de serviço *Color ID* em uma UNI de uma EVC definido no padrão MEF 10.3.

Sugere-se ao leitor rever, neste ponto, o subitem 4.3.3.3 do Capítulo 4 deste livro.

Como no padrão MEF 10.3, a Cor de um quadro de EI de ingresso pode ser Verde ou Amarelo.

O padrão MEF 26.2 define um valor do atributo de serviço *Color ID* em Ponto de Terminação de OVC como um conjunto <F, M>.

O campo F, que indica a base para a definição do valor do atributo de serviço *Color ID*, pode assumir os seguintes valores:

- Campo DEI de S-Tag;
- Campo PCP de S-Tag;
- Ponto de Terminação de OVC;
- Campo DEI de C-Tag;
- Campo PCP de C-Tag;
- Campo DSCP de IPv4 ou IPv6.

Em qualquer hipótese, o valor do campo DEI igual a zero indica a Cor Verde, enquanto o campo DEI igual a 1 indica a Cor Amarelo.

O campo M representa um mapa que exhibe a correspondência entre cada possível valor de F e uma Cor.

Quando o Ponto de Terminação de OVC se encontra em uma ENNI não associada a uma VUNI, o valor de **F** deve ser Campo DEI de S-Tag ou Campo PCP de S-Tag.

Quando o Ponto de Terminação de OVC se encontra em uma ENNI associada a uma VUNI ou em uma UNI, o valor de **F** deve ser Ponto de Terminação de OVC, Campo DEI de C-Tag, Campo PCP de C-Tag ou Campo DSCP.

Essa última alternativa de localização do Ponto de Terminação de OVC corresponde exatamente ao caso definido no padrão MEF 10.3 para o Color ID em uma UNI de uma EVC.

### 5.2.7.3 – Atributo de Serviço Mapa de Egresso de Ponto de Terminação de OVC

O valor do atributo de serviço Mapa de Egresso de Ponto de Terminação de OVC é um Mapa contendo um conjunto de mapeamentos que determinam o conteúdo do S-Tag ou do C-Tag de um quadro de EI de egresso.

Existem seis formas para o valor do atributo de serviço Mapa de Egresso de Ponto de Terminação de OVC:

- CN → S-Tag PCP;
- CC → S-Tag DEI;
- CC → S-Tag PCP;
- CN → C-Tag PCP;
- CC → C-Tag DEI;
- CC → C-Tag PCP.

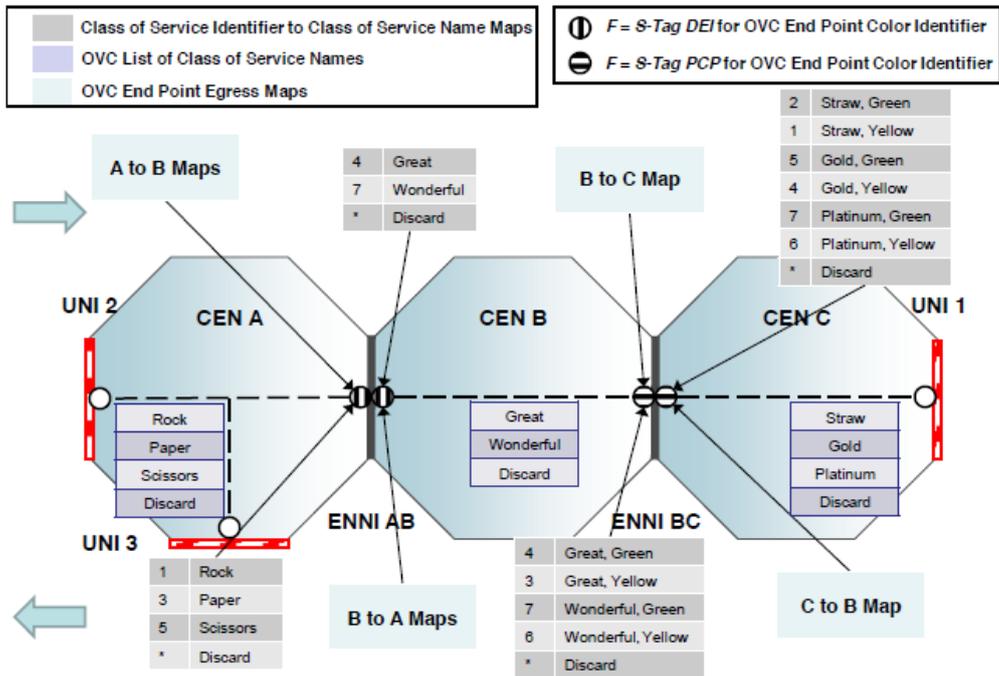
Nessa relação, CN significa o mapeamento com base em *CoS Names*, enquanto CC significa mapeamento com base em Cores.

As três primeiras dessas formas são utilizadas no preenchimento dos S-Tags em um quadro de ENNI de egresso, com base no *CoS Name* e na Cor no correspondente quadro de EI de ingresso.

As últimas três formas são utilizadas com esses mesmos propósitos com relação aos C-Tags de quadros de EI de egresso, com base no *Cos Name* e na Cor no correspondente quadro de EI de ingresso.

Registra-se que a Cor de um quadro de EI de ingresso é determinada pelo Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso, e, na falta deste mecanismo, é determinada com base no atributo de serviço *Color ID* no Ponto de Terminação de OVC.

A Figura 5.13 ilustra um exemplo de utilização do atributo de serviço Mapa de Egresso de Ponto de Terminação de OVC.



**A to B Maps (CN→S-Tag PCP & CC→S-Tag DEI)**

Class of Service Name	S-Tag PCP
Rock	4
Paper	4
Scissors	7

Class of Service Name	Color	S-Tag DEI
Rock	Green	0
Rock	Yellow	1
Paper	Green	0
Paper	Yellow	1
Scissors	Green	0
Scissors	Yellow	1

**B to A Maps (CN→S-Tag PCP & CC→S-Tag DEI)**

Class of Service Name	S-Tag PCP
Great	1
Wonderful	5

Class of Service Name	Color	S-Tag DEI
Great	Green	0
Great	Yellow	1
Wonderful	Green	0
Wonderful	Yellow	1

**B to C Map (CC→S-Tag PCP)**

Class of Service Name	Color	S-Tag PCP
Great	Green	2
Great	Yellow	1
Wonderful	Green	5
Wonderful	Yellow	4

**C to B Map (CC→S-Tag PCP)**

Class of Service Name	Color	S-Tag PCP
Straw	Green	4
Straw	Yellow	3
Gold	Green	7
Gold	Yellow	6
Platinum	Green	7
Platinum	Yellow	6

**Figura 5.13 – Exemplo de Mapa de Egresso de Ponto de Terminação de OVC (MEF 26.2, Figura 88).**

Para a ocorrência dos mapeamentos mostrados nessa figura, foi necessário um entendimento prévio entre o provedor de serviço e o usuário quanto aos valores de CoS IDs e de Color IDs nos quadros de serviço do usuário que ingressam na EVC pelas respectivas UNIs.

Por exemplo, supõe-se que ficou estabelecido que os quadros de serviço ingressando em todas as UNIs da rede possuem os seguintes mapeamentos:

- C-Tag PCP 1 → *Gold*;
- C-Tag PCP 3 → *Super*;
- C-Tag PCP 5 → *Best*.

Para simplificar o entendimento da Figura 5.13, observa-se que ocorreram entre as CENs dessa figura os mapeamentos de *CoS Names* apresentados na Figura 5.14.

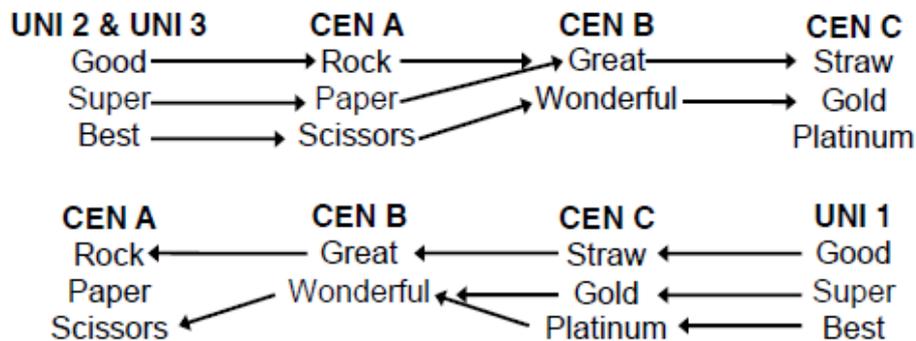


Figura 5.14 - Mapeamento de CoS Names entre CENs(MEF 26.2, Figura 87).

Assim, por exemplo, um quadro de serviço do usuário com o valor de PCP igual a 3 (*Super*) que ingressa na EVC pela UNI 2, receberá o *CoS Name Paper* na CEN A, o *CoS Name Great* na CEN B e o *CoS Name Straw* na CEN C.

Como se observa na Figura 5.14, o *Color ID* tem como base o S-Tag DEI na ENNI AB, enquanto na ENNI BC o *Color ID* tem como base o S-Tag PCP.

Assim, por exemplo, o *CoS Name Great* na ENNI AB corresponde a um único valor de S-Tag PCP (valor igual a 4), sendo o *Great Verde* representado pelo S-Tag DEI igual a zero, enquanto o *Great Amarelo* é representado pelo S-Tag DEI igual a 1.

Na ENNI BC, no entanto, são necessários dois valores de S-Tag PCP para o *CoS Name Great*, um para o *Great Verde* (S-Tag PCP igual a 4) e o outro para o *Great Amarelo* (S-Tag PCP igual a 3). O valor do S-Tag DEI não é considerado.

### 5.3 – Padrão MEF 33

Como visto no subitem 2.8.2 do Capítulo 2 deste livro, o padrão MEF 33 (*Ethernet Access Services Definition*), restrito a serviços Ethernet de OVC de acesso (*E-Access Services*), limita-se à definição de dois serviços de acesso suportados por OVCs ponto a ponto, que são o serviço *Access EPL* e o serviço *Access EVPL*.

O presente item tem como objetivo apresentar os atributos de serviço, com os respectivos valores de parâmetros, para os serviços *Access EPL* e *Access EVPL* definidos no padrão MEF 33.

Os atributos de serviço considerados são apresentados em conformidade com a seguinte classificação:

- Atributos de serviço de UNI;
- Atributos de serviço de OVC por UNI;
- Atributos de serviço de OVC;
- Atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI;
- Atributos de serviço de ENNI.

Recomenda-se ao leitor, neste ponto, rever o subitem 2.8.2 do Capítulo 2 deste livro.

### **5.3.1 – Serviço Access EPL**

São apresentados, a seguir, os atributos de serviço para o serviço *Access EPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

#### **5.3.1.1 – Atributos de Serviço de UNI**

A Figura 5.15 apresenta os atributos de serviço de UNI para o serviço *Access EPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

<b>Atributo de Serviço de UNI</b>	<b>Parâmetros e Valores de Atributo de Serviço</b>
Identificador de UNI	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.1 deste livro
Meio Físico	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.2 deste livro
Modo Síncrono	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.3 deste livro
Tamanho da MTU na UNI	Nenhuma restrição adicional ao subitem 4.3.2.7 deste livro
CE-VLAN ID para quadros de serviço untagged e priority tagged	DEVE ser um valor na faixa 1-4094
Número máximo de OVCs por UNI	DEVE ser igual a 1. Representa o número máximo de Pontos de Terminação de OVC que podem existir na UNI
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por UNI	NÃO DEVE ser especificado
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por UNI	NÃO DEVE ser especificado

**Figura 5.15 – Atributos de serviço de UNI para o Access EPL (MEF 33, Tabela 4)**

### **5.3.1.2 – Atributos de Serviço de OVC por UNI**

A Figura 5.16 apresenta os atributos de serviço de OVC por UNI para o serviço *Access EPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

	Possíveis Valores
Identificador de UNI OVC	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26
Mapa de Ponto de Terminação de OVC	DEVE conter todos os valores de CE-VLAN ID {1,2,...,4095} mapeados em um único ponto de terminação de OVC
Identificador de Classe de Serviço (CoS ID) para quadros de serviços	O CoS ID para quadros de serviço DEVE ser o ponto de terminação de OVC. Essa OVC DEVE ter um único <i>CoS Name</i>
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Ponto de Terminação de OVC na UNI	Requerido, DEVE especificar os valores <CIR, CBS, EIR, EBS, CM, CF>. DEVE também permitir configuração para suportar valores de CIR até 70% da velocidade na UNI, em diferentes valores e em diferentes incrementos de valores
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por CoS ID na UNI	Não deve ser utilizado
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Ponto de Terminação de OVC na UNI	NÃO DEVE ser especificado
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por CoS ID na UNI	NÃO DEVE ser especificado

Figura 5.16 – Atributos de serviço de OVC por UNI para o Access EPL (MEF 33, Tabela 5).

### 5.3.1.3 – Atributos de Serviço de OVC

A Figura 5.17 apresenta os atributos de serviço de OVC para o serviço *Access EPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

<b>Atributo de Serviço de OVC</b>	<b>Possíveis Valores</b>
Identificador de OVC	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26
Tipo de OVC	DEVE ser Ponto a Ponto
Lista de Ponto de Terminação de OVC	Exatamente 2, um Ponto de Terminação de OVC na UNI e um na ENNI
Número Máximo de Ponto de Terminação de OVC na UNI	DEVE ser Igual a 1
Número Máximo de Pontos de Terminação de OVC na ENNI	DEVE ser Igual a 1
Tamanho da MTU na OVC	DEVE ser um número inteiro de bytes > ou = a 1526
Preservação de CE-VLAN ID	DEVE ser <i>yes</i>
Preservação do valor do CE-VLAN CoS ID	DEVE ser <i>yes</i>
Preservação de S-VLAN ID	Não aplicável porque existe apenas uma ENNI para a instância de serviço
Preservação do valor do S-VLAN CoS ID	Não aplicável porque existe apenas uma ENNI para a instância de serviço
<i>Color Forwarding</i>	DEVERIA SER <i>Yes</i> . Quando o perfil de vazão de tráfego de ingresso na UNI tem o EIR=0, quadros egressando na ENNI DEVE ser marcados como Verde
Especificação do Nível de Serviço (SLS)	DEVE listar valores para cada um dos seguintes atributos: { <i>One-Way Frame Delay, One-way Frame Delay Range, One-way Mean Frame Delay, Inter Frame Delay Variation, One-way Consecutive High Loss Intervals</i> } onde Não Especificado (N/S) significa um valor aceitável. PODEM ser especificados atributos e valores adicionais
Entrega de Quadro Unicast	DEVE ser Entregue Incondicionalmente
Entrega de Quadro Multicast	DEVE ser Entregue Incondicionalmente
Entrega de Quadro Broadcast	DEVE ser Entregue Incondicionalmente

Figura 5.17 – Atributos de serviço de OVC para o Access EPL (MEF 33, Table 6).

#### 5.3.1.4 – Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI.

A Figura 5.18 apresenta os atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI para o serviço *Access EPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

<b>Atributo de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI</b>	<b>Possíveis Valores</b>
Identificador de Ponto de Terminação de OVC	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Identificador de Classe de Serviço para Quadros de ENNI	O CoS ID para quadros de ENNI DEVE ser o Ponto de Terminação de OVC ao qual o quadro de ENNI está mapeado. Essa OVC DEVE possuir um único CoS Name associado com o conjunto inteiro de S-tag PCPs {0-7}
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Ponto de Terminação de OVC	Requerido, DEVE especificar os valores <CIR, CBS,EIR,EBS,CM,CF>. DEVE também possibilitar o suporte de valores de CIR até 70% da velocidade na ENNI, em diferentes valores e em diferentes incrementos de valores
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Identificador de Classe de Serviço na ENNI	Não utilizado.
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Ponto de Terminação de OVC	NÃO DEVE ser especificado
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Identificador de Classe de Serviço na ENNI	NÃO DEVE ser especificado

**Figura 5.18 – Atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI para o Access EPL (MEF 33, Tabela 7).**

O CIR de ingresso na ENNI para uma OVC deveria possuir um valor maior que o valor do CIR de ingresso na UNI correspondente, devido à presença do S-tag adicional (4 octetos) na ENNI.

### 5.3.1.5 – Atributos de Serviço de ENNI

A Figura 5.19 apresenta os atributos de serviço de ENNI para o serviço *Access EPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

<b>Atributo de Serviço de ENNI</b>	<b>Valores Possíveis</b>
Identificador de Operador de ENNI	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Camada Física	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Formato do Quadro	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Número de Links	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Mecanismo de Proteção	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Tamanho da MTU na ENNI	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Mapa de Pontos de Terminação	Cada valor de S-VLAN ID associado a uma instância de serviço Access EPV DEVE mapear em um Ponto de Terminação de OVC distinto
Número Máximo de OVCs	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Número Máximo de Pontos de Terminação de OVC por OVC	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2

**Figura 5.19 – Atributos de serviço de ENNI para o Access EPL (MEF 33, Tabela 8).**

### **5.3.2 – Serviço Access EVPL**

São apresentados, a seguir, os atributos de serviço para o serviço *Access EVPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

#### **5.3.2.1 – Atributos de Serviço de UNI**

A Figura 5.20 apresenta os atributos de serviço de UNI para o serviço *Access EVPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

<b>Atributo de Serviço de UNI</b>	<b>Parâmetros e Valores do Atributo de Serviço</b>
Identificador de UNI	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 10.3
Meio Físico	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 10.3
Velocidade	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 10.3
Modo	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 10.3
Camada MAC	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 10.3
Tamanho da MTU na UNI	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 10.3
CE-VLAN ID para Quadros <i>Untagged</i> e <i>Priority Tagged</i>	DEVE ser especificado quando quadros untagged/priority tagged forem suportados, e esse valor de CE-VLAN ID DEVE ser incluído no Mapa de Ponto de Terminação de OVC
Número Máximo de OVCs por UNI	DEVE ser $\geq 1$
Número Máximo de CE-VLAN ID por OVC	Mapa de Ponto de Terminação de OVC DEVE suportar um valor igual a 1 Mapa de Ponto de Terminação de OVC DEVERIA suportar um valor superior a 1
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por UNI	NÃO DEVE ser especificado
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por UNI	NÃO DEVE ser especificado

Figura 5.20 – Atributos de serviço de UNI para o Access EVPL (MEF 33, Table 9).

### 5.3.2.2 – Atributos de Serviço de OVC por UNI

A Figura 5.21 apresenta os atributos de serviço de OVC por UNI para o serviço *Access EPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

<b>Atributo de Serviço de OVC por UNI</b>	<b>Possíveis Valores</b>
Identificador de UNI OVC	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Mapa de Ponto de Terminação de OVC	DEVE conter todos os valores de CE-VLAN ID {1,2,...,4095} mapeados em um único ponto de terminação de OVC
Identificador de Classe de Serviço (CoS ID) para quadros de serviços	O CoS ID para quadros de serviço DEVE ser o ponto de terminação de OVC. Essa OVC DEVE ter um único <i>CoS Name</i> que está associado a um conjunto inteiro de S-tag PCPs {0-7}
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Ponto de Terminação de OVC na UNI	Requerido, DEVE especificar os valores <CIR, CBS, EIR, EBS, CM, CF>. DEVE também permitir configuração para suportar valores de CIR até 70% da velocidade na UNI, em diferentes valores e em diferentes incrementos de valores
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por CoS ID na UNI	Não utilizado
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Ponto de Terminação de OVC na UNI	NÃO DEVE ser especificado
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por CoS ID na UNI	NÃO DEVE ser especificado

**Figura 5.21 – Atributos de serviço de OVC por UNI para o Access EVPL (MEF 33, Tabela 10)**

### 5.3.2.3 – Atributos de Serviço de OVC

A Figura 5.22 apresenta os atributos de serviço de OVC para o serviço *Access EVPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

<b>Atributo de Serviço de OVC</b>	<b>Possíveis Valores</b>
Identificador de OVC	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Tipo de OVC	DEVE ser Ponto a Ponto
Lista de Ponto de Terminação de OVC	Exatamente 2, um Ponto de Terminação de OVC na UNI e um na ENNI
Número Máximo de Ponto de Terminação de OVC na UNI	DEVE ser Igual a 1
Número Máximo de Pontos de Terminação de OVC na ENNI	DEVE ser Igual a 1
Tamanho da MTU na OVC	DEVE ser um número inteiro de bytes > ou = a 1526
Preservação de CE-VLAN ID	DEVE ser <i>yes</i>
Preservação do valor do CE-VLAN CoS ID	DEVE ser <i>yes</i>
Preservação de S-VLAN ID	Não aplicável porque existe apenas uma ENNI para a instância de serviço
Preservação do valor do S-VLAN CoS ID	Não aplicável porque existe apenas uma ENNI para a instância de serviço
<i>Color Forwarding</i>	DEVERIA SER <i>Yes</i> . Quando o perfil de vazão de tráfego de ingresso na UNI tem o EIR=0, quadros egressando na ENNI DEVE ser marcados como Verde
Especificação do Nível de Serviço (SLS)	DEVE listar valores para cada um dos seguintes atributos: { <i>One-Way Frame Delay, One-way Frame Delay Range, One-way Mean Frame Delay, Inter Frame Delay Variation, One-way Consecutive High Loss Intervals</i> } onde Não Especificado (N/S) é um valor aceitável. PODEM ser especificados atributos e valores adicionais
Entrega de Quadro Unicast	DEVE ser Entregue Incondicionalmente
Entrega de Quadro Multicast	DEVE ser Entregue Incondicionalmente
Entrega de Quadro Broadcast	DEVE ser Entregue Incondicionalmente

Figura 5.22 – Atributos de serviço de OVC para o Access EVPL (MEF 33, Tabela 11).

#### 5.3.2.4 – Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI.

A Figura 5.23 apresenta os atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por UNI para o serviço *Access EVPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

<b>Atributo de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI</b>	<b>Possíveis Valores</b>
Identificador de Ponto de Terminação de OVC	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Identificador de Classe de Serviço para Quadros de ENNI	O CoS ID para quadros de ENNI DEVE ser o Ponto de Terminação de OVC ao qual o quadro de ENNI está mapeado. Essa OVC DEVE possuir um único CoS Name que está associado a um conjunto inteiro de S-tag PCPs {0-7}
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Ponto de Terminação de OVC	Requerido, DEVE especificar os valores <CIR,CBS,EIR,EBS,CM,CF>. DEVE também possibilitar o suporte de valores de CIR até 70% da velocidade na ENNI, em diferentes valores e em diferentes incrementos de valores
Identificador de Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Classe de Serviço de ENNI	Não utilizado.
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Ponto de Terminação de OVC	NÃO DEVE ser especificado
Identificador de Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Classe de Serviço de ENNI	NÃO DEVE ser especificado

**Figura 5.23 – Atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI para o Access EVPL (MEF 33, Tabela 12).**

O CIR de ingresso na ENNI para uma OVC deveria possuir valor maior que o do CIR de ingresso na UNI correspondente, devido à presença do S-VLAN tag adicional (4 octetos) na ENNI.

### **5.3.2.5 – Atributos de Serviço de ENNI**

A Figura 5.24 apresenta os atributos de serviço de ENNI para o serviço *Access EVPL*, com os respectivos parâmetros e valores específicos.

Atributo de Serviço de ENNI	Valores Possíveis
Identificador de Operador de ENNI	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Camada Física	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Formato do Quadro	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Número de Links	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Mecanismo de Proteção	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Tamanho da MTU na ENNI	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Mapa de Pontos de Terminação	Cada valor de S-VLAN ID associado a uma instância de serviço <i>Access EVPL</i> DEVE mapear em um Ponto de Terminação de OVC distinto
Número Máximo de OVCs	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Número Máximo de Pontos de Terminação de OVC por OVC	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2

Figura 5.24 – Atributos de Serviço de ENNI para o Access EVPL (MEF 33, Tabela 13).

#### 5.4 – Padrão MEF 51

Como visto no subitem 2.8.3 do Capítulo 2 deste livro, o padrão MEF 51 define três serviços de OVC gerais e quatro serviços de OVC específicos.

Os serviços de OVC gerais são o serviço O-Line, o serviço O-LAN e o serviço O-Tree. Os serviços de OVC específicos encontram-se relacionados na Figura 5.25

Type of OVC Service	Point-to-Point OVC	Multipoint-to-Multipoint OVC
E-Access Service (UNI-to-ENNI OVC)	Access E-Line	Access E-LAN
E-Transit Service (ENNI-to-ENNI OVC)	Transit E-Line	Transit E-LAN

Figura 5.25 – Serviços de OVC específicos (MEF 51, Tabela 4).

Recomenda-se ao leitor consultar, neste ponto, o subitem 2.8.3 do Capítulo 2 deste livro.

Como o padrão MEF 51 aborda também os atributos de serviço comuns a todos os serviços de OVC já especificados no padrão MEF 26.2 com uma abordagem diferente, torna-se necessário tratar inicialmente dessa questão.

##### 5.4.1 – Atributos de Serviço e Requisitos Comuns no Padrão MEF 51

Conforme o padrão MEF 51, os atributos de serviço para os serviços de OVC agrupam-se da seguinte forma:

- Atributos de serviço de OVC;
- Atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI;
- Atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por UNI;
- Atributos de serviço de ENNI;
- Atributos de serviço de UNI.

O padrão MEF 51 define dois atributos de serviço de OVC não considerados no padrão MEF 26.2.

Enquanto o padrão MEF 26.2 considera os atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC como um todo, o padrão MEF 51 especifica esse tipo de atributo de serviço separadamente para ENNI e para UNI.

O padrão MEF 51 não considera os atributos de serviço de ENNI, aplicando-se então aqueles definidos no padrão MEF 26.2. Observa-se, contudo, que o padrão MEF 51 especifica um atributo de serviço de ENNI adicional ao padrão MEF 26.2.

Qualquer ENNI que atenda os padrões do MEF pode ser utilizada como parte de um serviço de OVC definido no padrão MEF 51, desde que essa ENNI suporte esse serviço.

O padrão MEF 51 tampouco considera os atributos de serviço de UNI, aplicando-se então aqueles definidos no padrão MEF 26.2.

Qualquer UNI que atenda os padrões do MEF pode ser utilizada como parte de um serviço de OVC definido no padrão MEF 51, desde que essa UNI suporte esse serviço.

As considerações comuns à totalidade dos serviços de OVC apresentadas nos parágrafos anteriores serão abordadas a seguir.

#### **5.4.1.1 – Atributos de Serviço Nível de MEG Disponível na OVC**

Nível de MEG Disponível na OVC (*OVC Availabel MEG Level*) é o Nível de MEG acima de quaisquer Níveis de MEG reservados pelo operador para MEGs cujos MEPs se encontram inteiramente contidos no interior da CEN do operador.

O atributo de serviço Nível de MEG Disponível na OVC pode assumir o valor *None* ou um valor igual a um número inteiro de 0 a 7. O valor *None* indica que quadros de SOAM não têm garantia de passagem pela OVC em qualquer Nível de MEG.

Se um valor igual a um número inteiro for especificado, então quadros de SOAM no Nível de MEG especificado ou acima dele têm garantia de passagem pela OVC.

O atributo de serviço Nível de MEG Disponível na OVC pode ser utilizado por um provedor de serviço ou por um super operador para determinar que Níveis de MEG estejam disponíveis sem conflitarem por qualquer SOAM utilizado pelo operador no interior da CEN.

#### **5.4.1.2 – Atributos de Serviço de OVC**

Conforme a tabela 5 do padrão MEF 51 foram acrescentados ao padrão 26.2 os seguintes atributos de serviço de OVC:

- Atributos de serviço Preservação de S-VLAN ID;
- Atributo de serviço *Color Forwarding*.

O atributo de serviço Preservação de S-VLAN ID, cujos valores podem ser *Yes* ou *No*, representa uma relação entre o S-VLAN ID de um quadro na ENNI de ingresso em uma OVC e o S-VLAN ID do quadro correspondente na ENNI de egresso dessa OVC.

O atributo de serviço *Color Forwarding*, cujos valores podem ser *Yes* ou *No*, determina se um quadro determinado Amarelo no ingresso pode ser promovido a Verde na ENNI de egresso. O valor *Yes* indica que não pode ocorrer a promoção.

O padrão MEF 51 especifica que o valor do *Color Forwarding* deveria ser *Yes*.

#### **5.4.1.3 – Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI**

A Figura 5.26 apresenta os atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI, com as respectivas descrições e os respectivos requisitos comuns, em conformidade com o padrão MEF 51.

<b>Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI</b>	<b>Descrição</b>	<b>Requisitos comuns</b>
Identificador de Ponto de Terminação de OVC	Um identificador na rede do operador para o Ponto de Terminação de OVC	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Identificadores de Tronco	Um par de valores de S-VLAN ID utilizado na ENNI para distinção entre quadros originados em Raiz ou em Folha	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Identificador de Classe de Serviço para Quadros de ENNI	É o modo pelo qual um CoS Name é determinado para quadros de ENNI de ingresso em uma ENNI	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Ponto de Terminação de OVC	Policiamento no ingresso pelo operador em todos os quadros de ENNI de ingresso	DEVE possuir o valor <i>No</i>
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Identificador de Classe de Serviço	Policiamento no ingresso pelo operador em todos os quadros de ENNI de ingresso com o CoS ID	DEVE possuir o valor <i>Parameters</i>
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Ponto de Terminação de OVC	Limitação de Tráfego no egresso de quadros de ENNI	DEVE possuir o valor <i>No</i>
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Identificador de Classe de Serviço	Limitação de Tráfego no egresso de quadros de ENNI com o CoS ID	O operador DEVERIA suportar o valor <i>Parameters</i>
Lista de MEPs	Uma lista de MEPs com os respectivos direcionamentos ( <i>Up</i> ou <i>Down</i> ), MEGs e Níveis de MEG	Os Níveis de MEG especificados NÃO DEVERIAM ser 0,1 ou 7. Os Níveis de MEG {3-6} DEVEM ser suportados, e o Nível de MEG 2 DEVERIA ser suportado
MIP de MEP de Usuário	Habilitado ou Desabilitado	O operador DEVERIA suportar o valor <i>Habilitado</i>

Figura 5.26 – Atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI (MEF 51, Tabela 6).

#### 5.4.1.4 – Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por UNI

A Figura 5.27 apresenta os atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por UNI, com as respectivas descrições e os respectivos requisitos comuns, em conformidade com o padrão MEF 51.

Atributo de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por UNI	Descrição	Requisitos comuns
Identificador de OVC na UNI	Um identificador único na rede do operador para uma OVC na UNI	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Mapa de Ponto de Terminação de OVC	Os CE-VLAN IDs que mapeiam no Ponto de Terminação de OVC na UNI	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Identificadores de Classe de Serviço	A forma com que um CoS Name é determinado para quadros de serviço de ingresso em uma UNI	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Ponto de Terminação de OVC	Policiamento no ingresso pelo operador de todos os quadros de ingresso mapeados no Ponto de Terminação de OVC em uma UNI	O valor DEVE ser <i>No</i>
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Identificador de Classe de Serviço	Policiamento no ingresso pelo operador de todos os quadros de ingresso com o CoS ID mapeados no Ponto de Terminação de OVC em uma UNI	O valor DEVE ser <i>Parameters</i> Para cada CoS Name na OVC, o operador DEVERIA suportar diferentes valores e diferentes valores de incrementos para o CIR e o EIR
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Ponto de Terminação de OVC	Limitação do tráfego de quadros de serviço de egresso mapeados no Ponto de Terminação de OVC em uma UNI	O valor DEVE ser <i>No</i>
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Identificador de Classe de Serviço	Limitação do tráfego de quadros de serviço de egresso com o CoS ID mapeados no Ponto de Terminação de OVC em uma UNI	Nenhuma restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Lista de MEPs	Uma lista de MEPs com o seu direcionamento (Up ou Down), o seu MEG e o seu Nível de MEG	O operador DEVERIA suportar no mínimo dois Up MEPs no Ponto de Terminação de OVC DEVE suportar todos os Níveis de MEG Disponíveis, incluindo o Nível de MEG 6

MIP de MEG de Usuário	Habilitado ou Desabilitado	O operador DEVERIA suportar o valor Habilitado e a configuração de Níveis de MEG de 5 a 7
-----------------------	----------------------------	---

Figura 5.27 – Atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por UNI (MEF 51, Tabela 7).

#### 5.4.1.5 – Atributos de Serviço de ENNI

Conforme menção anterior, o padrão MEF 51 não considera os atributos de serviço de ENNI, aplicando-se então aqueles definidos no padrão MEF 26.2.

O padrão MEF 51 define apenas o atributo de serviço de ENNI Modo de Identificação de Cor para Serviços de OVC.

Esse atributo de serviço representa o meio pelo qual a Cor para um quadro de ENNI que mapeia em um Ponto de Terminação de OVC é indicada pelo conteúdo do cabeçalho desse quadro. Os valores possíveis são DEI ou PCP.

Se o valor for DEI, a Cor deve ser Verde para o DEI igual a zero e Amarelo para o DEI igual a um.

#### 5.4.1.6 – Atributos de Serviço de UNI

O padrão MEF 51 não considera os atributos de serviço comuns de UNI e os respectivos requisitos. Qualquer UNI definida pelo MEF pode ser utilizada para serviços de OVC, desde que essa UNI suporte o serviço sendo prestado.

### 5.4.2 – Atributos de Serviço para Serviços de OVC Específicos e Respectivos Requisitos

O presente subitem é dedicado à apresentação dos atributos de serviço aplicáveis a cada um dos serviços de OVC específicos definidos no padrão MEF 51, com os respectivos requisitos.

Tanto os serviços de acesso (*Access E-Line* e *Access E-LAN*) quanto os serviços de trânsito (*Transit E-Line* e *Transit E-LAN*) apresentam os cinco tipos de atributo de serviço e respectivos requisitos.

A título de ilustração, o presente subitem apresenta os atributos de serviço aplicáveis ao serviço *Access E-Line*, com os respectivos requisitos. Os leitores interessados nos demais serviços específicos podem consultar o padrão MEF 51.

#### 5.4.2.1 -Atributos de Serviço de OVC

A Figura 5.28 apresenta os atributos de serviço de OVC para o serviço *Access E-Line*, com os respectivos requisitos.

<b>Atributo de Serviço de OVC</b>	<b>Requisitos para o Serviço <i>Access E-Line</i></b>
OVC ID	Sem restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Tipo de OVC	Ver padrão MEF 51 (Table 5)
Lista de Pontos de Terminação de OVC	DEVE possuir um Ponto de Terminação de OVC em uma ENNI e em uma UNI
Número Máximo de Pontos de Terminação de OVC na UNI	DEVE ser no máximo igual a 1
Número Máximo de Pontos de Terminação de OVC na ENNI	DEVE ser igual a 1
Tamanho de MTU na OVC	Sem restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Preservação de CE-VLAN ID	O operador DEVE suportar o valor <i>Yes</i> e DEVERIA suportar o valor <i>No</i>
Preservação de CE-VLAN CoS	O operador DEVE suportar o valor <i>Yes</i> e DEVERIA suportar o valor <i>No</i>
Preservação de S-VLAN ID	Não aplicável
Preservação de S-VLAN CoS	Não aplicável
<i>Color Forwarding</i>	DEVERIA ser <i>Yes</i>
Especificação de Nível de Serviço (SLS)	O operador DEVERIA suportar todas as quatro Métricas de Desempenho em uma SLS
Entrega de Quadros Unicast	Condicional ou Incondicional
Entrega de Quadros Multicast	Condicional ou Incondicional
Entrega de Quadros Broadcast	Condicional ou Incondicional
Nível de MEG Disponível na OVC	DEVE ser $\leq 6$

Figura 5.28 – Atributos de serviço de OVC para o Access E-Line (MEF 51, Tabela 11).

#### 5.4.2.2 -Atributos de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI

A Figura 5.29 apresenta os atributos de serviço de Ponto Terminação de OVC por ENNI para o serviço *Access E-Line*, com os respectivos requisitos.

<b>Atributo de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI</b>	<b>Requisitos para o Serviço <i>Access E-Line</i></b>
Identificador de Ponto de Terminação de OVC	Sem restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Identificadores de Tronco	Sem restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Identificadores de Classe de Serviço	Sem restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Ponto de Terminação de OVC	Não utilizado. Utiliza-se o Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso em substituição
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Identificador de Classe de Serviço	O valor DEVE ser <i>Parameters</i> . O operador DEVERIA suportar diferentes valores e diferentes valores de incremento para CIR e EIR
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Ponto de Terminação de OVC	DEVE ser <i>No</i>
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Identificador de Classe de Serviço	O operador DEVERIA suportar o valor <i>Parameters</i>
Lista de MEPS	Os Níveis de MEG 0,1,7 NÃO DEVERIAM ser suportados. Os Níveis de MEG {3-6} DEVEM ser suportados e o Nível de MEG 2 DEVERIA ser suportado
MIP de MEG de Usuário	O valor DEVERIA ser Habilitado

Figura 5.29 – Atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por ENNI para o *AccessE-Line* (MEF 51, Tabela 12).

#### 5.4.2.3 – Atributo de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por UNI

A Figura 5.30 apresenta os atributos de serviço de Pnto de Terminação de OVC por UNI para o serviço *Access E-Line*, com os respectivos requisitos.

<b>Atributo de Serviço de Ponto de Terminação de OVC por UNI</b>	<b>Requisitos para o Serviço <i>Access E-Line</i></b>
Identificador de UNI OVC	Sem restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Mapa de Ponto de Terminação de OVC	Sem restrição adicional ao padrão MEF 26.2 O operador DEVE suportar um mapeamento de um CE-VLAN ID ou de todos os de todos os CE-VLAN IDs no Ponto de Terminação de OVC DEVERIA suportar um mapeamento de diferentes (mas não de todos) CE-VLAN IDs no Ponto de Terminação de OVC
Identificadores de Classe de Serviço	Sem restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Ponto de Terminação de OVC	O valor DEVE ser <i>No</i> Nota: Esse atributo de Serviço não é utilizado. Utiliza-se o Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por CoS ID em substituição
Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Identificador de Classe de Serviço	O valor DEVE ser <i>Parameters</i> . Para cada CoS Name na OVC, o operador DEVERIA suportar diferentes valores e diferentes valores de incrementos para CIR e EIR
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Ponto de Terminação de OVC	O valor DEVE ser <i>No</i>
Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por Identificador de Classe de Serviço	Sem restrição adicional ao padrão MEF 26.2
Lista de MEPs	Operador DEVERIA suportar no mínimo dois Up MEPs no Ponto de terminação de OVC e DEVE suportar todos os Níveis de MEG
MIP de Usuário	Operador DEVERIA suportar o valor <i>Habilitado</i> e a configuração de Níveis de MEG de 5 a 7

**Figura 5.30 – Atributos de serviço de Ponto de Terminação de OVC por UNI para o Access E-Line (MEF 51, Tabela 13).**

#### **5.4.2.4 –Atributos de Serviço de ENNI**

Assim como no caso dos serviços de OVC comuns, o padrão MEF 51 não considera os atributos de serviço de ENNI e respectivos requisitos para os serviços de OVC específicos (incluindo o serviço *Access E-Line* objeto deste subitem).

Conforme menção no subitem 5.4.1.5 deste capítulo, a Seção 8.4 do padrão MEF 51 define apenas o atributo de serviço de ENNI Modo de Identificação de Cor para serviços de OVC.

Recomenda-se ao leitor a consulta aos padrões MEF 26.2 e MEF 51 (Seção 8.4).

#### **5.4.2.5 – Atributos de Serviço de UNI**

Do mesmo modo que no subitem anterior, o padrão MEF 51 não considera os atributos de serviço de UNI e respectivos requisitos para os serviços de OVC específicos.

Recomenda-se ao leitor a consulta aos padrões MEF 26.2 e MEF 51 (Seção 8.5).

## CAPÍTULO 6

### QUALIDADE DE SERVIÇO EM CARRIER ETHERNET

#### 6.1-PREÂMBULO

O presente capítulo é dedicado a Qualidade de Serviço em Carrier Ethernet, sendo composto pelos seguintes temas:

- Classes de Serviço (CoS) em Carrier Ethernet-Fase 3;
- Perfis de Vazão de Tráfego;
- Algoritmo *Token Bucket* Genérico.

O primeiro desses temas é coberto pelo padrão MEF 26.2, que define atributos de serviço voltados para CoS, já apresentados no Capítulo 4 deste livro, e, principalmente, pelo padrão MEF 23.2 (*Class of Service Phase 3 Implementation Agreement*) inteiramente dedicado a esse tema.

O embasamento conceitual relativo a Perfis de Vazão de Tráfego foi amplamente explorado no padrão MEF 10.3, complementado pelo padrão MEF 6.2. Nesses padrões MEF foram apresentadas, em diversos atributos de serviço, todas as alternativas concernentes a Perfis de Vazão de Tráfego.

O terceiro tema, relativo ao Algoritmo *Token Bucket* Genérico, é o objeto do padrão MEF 41 (*Generic Token Bucket Algorithm*). O Algoritmo *Token Bucket* é também referido como Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego.

O Algoritmo *Token Bucket* Genérico é também coberto pelo *Appendix C* ao padrão MEF 10.3, que exhibe a representação visual do Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego e alguns exemplos de sua aplicação.

O padrão MEF 23.2.1 (*Models for Bandwidth Profiles with Token Sharing*) evidencia o compartilhamento de *Token Buckets* em Envelopes contendo múltiplos Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego.

Por fim, vale menção o *White Paper* do MEF intitulado *Understanding Bandwidth Profiles in MEF 6.2 Service Definitions*.

#### 6.2-CLASSES DE SERVIÇO EM CARRIER ETHERNET – FASE 3

O padrão MEF 23.2 (*Class of Service Phase 3 Implementation Agreement*), também referido simplesmente como CoS IA, define a aplicação de classes de serviço em redes Carrier Ethernet.

Para possibilitar o provimento de níveis diferenciados de serviço (*service differentiated levels*), é necessário classificar os quadros de serviço na entrada da

rede em um *CoS Name* e em uma *Cor*, com base no contexto (em qual EVC ou OVC, por exemplo) ou com base no conteúdo dos quadros (ou seja, nos valores dos campos PCP e DEI, por exemplo).

Os padrões MEF 10.3 e 26.2 definem atributos de serviço para associar cada quadro de ingresso a um *CoS Name*, assim como a uma *Cor*.

### 6.2.1-Definições Constantes do Capítulo 4 deste Livro

Ao leitor é recomendado rever, neste ponto, os subitens 4.3.3.2 e 4.3.3.3 e 4.3.3.4 do Capítulo 4 deste livro, para facilitar o entendimento do presente capítulo. Foram vistos nesses subitens os seguintes conceitos:

- *CoS Name* (Nome da Classe de Serviço);
- *CoS Label*;
- *CoS ID* (Identificador de CoS);
- *EEC* (Classe de Equivalência de Egresso);
- *EEC ID*;
- *Cor (Color)*;
- *Color ID*.

É apresentada, a seguir, uma síntese desses conceitos.

*CoS Name* é uma designação dada a um ou mais conjuntos de objetivos de desempenho e aos parâmetros a eles associados, pelo operador ou pelo provedor de serviço.

A um *CoS Name* corresponde um nível de prioridade para o tratamento a ser dado ao quadro em filas ao longo da rede. Dependendo do *Performance Tier* (PT) onde o quadro se encontra, a cada *CoS Name* corresponde um conjunto de CPOs (*CoS Performance Objectives*), como será visto adiante neste capítulo.

Um *CoS Label* é um *CoS Name* padronizado no padrão MEF 23.2. Como será detalhado adiante neste item, foram padronizados por esse padrão três *CoS Labels*, que são o H (*High*), o M (*Medium*) e L (*Low*), do que resulta o modelo referido como *Three CoS Label Model*.

Um *CoS ID* é um valor, tal como o valor do campo *Priority Code Point* (PCP) de um quadro *tagged*, por exemplo, utilizado para identificar o *CoS Name* atribuído a um quadro em uma dada EI (*External interface*).

Um *Color ID* é um valor, tal como o valor do campo PCP ou o do campo *Drop Eligible Indicator* (DEI), por exemplo, que é utilizado para identificar a *Cor* atribuída a um quadro em uma dada EI.

Um *Color ID* em um quadro tem como função básica definir o tratamento a ser dado a esse quadro no que se refere à precedência para descarte (quadros com a *Cor Amarela* são descartados antes daqueles com a *Cor Verde*, por exemplo).

Um único valor contido no PCP ou no DSCP permite identificar tanto o *CoS ID* quanto o *Color ID*.

O CoS ID e o *Color ID* podem ser codificados no campo PCP de VLAN tags, que possui três bits. O número de opções de valores de PCP, igual a 8, embora limitado, possibilita a codificação simultânea dos *CoS Labels* (H, M e L) e de duas Cores (Verde e Amarelo).

## 6.2.2– Conceitos Adicionais

O padrão MEF 23.2, objeto do presente item, introduz os seguintes conceitos adicionais:

- Objetivos de Desempenho de Classe de Serviço (CPOs);
- Pares de Pontos de Terminação Ordenados (OEPPs);
- Camadas de Desempenho (PTs);
- Conjunto de Quadros de Classe de Serviço (CoS FS).

### 6.2.2.1- CPOs

Um CPO (*Class of Service Performance Objective*), também referido como um Objetivo de Métrica de Desempenho (*PM Objective*), é um objetivo de desempenho de CoS estabelecido para um quadro de serviço ou um quadro de ENNI para uma dada Métrica de Desempenho (PM) em determinadas circunstâncias. Tais circunstâncias dizem respeito fundamentalmente ao CoS ID do quadro (que determina o respectivo *CoS Name*) e ao *Performance Tier* (PT) onde o quadro transita. Esse conceito se tornará mais claro adiante neste item.

### 6.2.2.2 – OEPPs

Como as métricas de desempenho são definidas de forma unidirecional, então essa definição ocorre entre Pares de Pontos de Terminação Ordenados (OEPPs). Os OEPPs podem ser pares ordenados de UNIs para uma EVC ou pares ordenados de Pontos de Terminação de OVC (OVC EPs) para uma OVC.

Par ordenado significa que o par  $\langle 1,2 \rangle$ , por exemplo, é diferente do par  $\langle 2,1 \rangle$ . As métricas de desempenho para OEPPs reversos, para um mesmo *CoS Name*, devem possuir CPOs com os mesmos valores nos dois sentidos.

Um subconjunto de OEPPs, referido como um Grupo de Pontos de Terminação (S), pode possuir Objetivos de Métrica de Desempenho (*PM Objectives*) próprios em uma dada Métrica de Desempenho (PM) para diferentes *CoS Names*, como mostra a Figura 6.1 relativa a uma EVC de um serviço EP-LAN com três UNIs (1,2 e 3).

Métrica de Desempenho (PM)	Grupo de Pontos de Terminação (S)	CoS Name	Objetivo de PM
Taxa de Perda de Quadros Unidirecional	{<1,2>,<2,1>}	Bronze	0,02%
Taxa de Perda de Quadros Unidirecional	{<1,3>,<3,1>,<2,3>,<3,2>}	Bronze	0,025%
Taxa de Perda de Quadros Unidirecional	{<1,2>,<2,1>}	Gold	0,01%
Taxa de Perda de Quadros Unidirecional	{<1,3>,<3,1>,<2,3>,<3,2>}	Gold	0,015%

Figura 6.1 – Diferentes Objetivos de PM para diferentes subconjuntos de OEPPs (MEF 23.2,página 16 revista).

Essa figura representa apenas uma amostra de um quadro completo, onde constariam todas as Métricas de Desempenho, e não apenas a métrica Taxa de Perda de Quadros (FLR).

O padrão MEF 23.2 considera que, para cada *CoS Name* (ou *CoS Label*), existe um Conjunto de Métricas MScn (*Metric Set to the CoS Name*), ou MScl (*Metric Set to the CoS Label*), que contém todos os OEPPs em um serviço para o qual os objetivos de desempenho são especificados.

No exemplo da Figura 6.1 anterior, o MS *Bronze* e o MS *Gold* são iguais, conforme a representação abaixo:

$$MS\ Bronze = MS\ Gold = \{ \langle 1, 2 \rangle, \langle 2, 1 \rangle, \langle 3, 1 \rangle, \langle 1, 3 \rangle, \langle 3, 2 \rangle, \langle 2, 3 \rangle \}$$

Tanto o MS *Bronze* quanto o MS *Gold* podem ser divididos nos dois Grupos de Ponto de Terminação S1 e S2, onde:

$$S1 = \{ \langle 1, 2 \rangle, \langle 2, 1 \rangle \} \text{ e } S2 = \{ \langle 3, 1 \rangle, \langle 1, 3 \rangle, \langle 3, 2 \rangle, \langle 2, 3 \rangle \}$$

Como se observa, os caminhos direto e reverso para um dado par de pontos de terminação (ou seja, um par de OEPPs) com sentidos inversos são parte de um mesmo Grupo de Pontos de Terminação, como recomenda o padrão MEF 23.2.

### 6.2.2.3 – CoS FSs

Um CoS FS (*Class of Service Frame Set*) é uma forma de agrupar quadros que são transportados por uma EVC ou OVC, em classes que estão sujeitas a conjuntos comuns de objetivos de desempenho.

Um CoS FS engloba quadros Qualificados (ou seja, sujeitos aos objetivos de desempenho definidos na SLS) e quadros que não são Qualificados. Por exemplo,

um quadro declarado Amarelo por um Perfil de Vazão de Tráfego não está sujeito às condições da SLS, mas é parte de um CoS FS.

Um CoS FS representa o conjunto de quadros que correspondem a um *CoS Name* (CN), e, nesse *CoS Name*, aos quadros que correspondem a um Grupo de Pontos de Terminação (Si). Ou seja, um CoS FS pode ser descrito pelo conjunto FS= {CN, Si}, com a condição de que o Si seja parte integrante do MScn.

Na Figura 6.1 anterior, os quadros que transitam na EVC ou na OVC com o *CoS Name* igual a *Gold* dentro do S1= { <1, 2>, <2, 1>}, por exemplo, constituem o CoS FS {*Gold*, S1}.

#### 6.2.2.4-PTs

Um PT (*Performance Tier*) pode ser aplicado para uma EVC, enquanto diferentes PTs podem ser aplicados para as diferentes OVCs que compõem essa EVC. Para estabelecer PTs corretos para OVCs, é necessário ater-se ao preceito de que os CPOs para cada OVC que faz parte de uma EVC devem ser coerentes com os CPOs da EVC.

Os objetivos para o desempenho de um quadro que ingressa por uma EI depende claramente da EI para a qual esse quadro se destina. Por exemplo, o delay de propagação do quadro depende da distância geográfica entre as EIs.

Para guiar os provedores de serviço, operadores e usuários, o padrão MEF 23.2 especifica cinco camadas, referidas como Camadas de Desempenho (*Performance Tiers*), referidas como PTs. A cada um desses PTs correspondem conjuntos de CPOs para cada um dos *CoS Labels*.

Os conjuntos de CPOs de que trata o parágrafo anterior são aplicáveis para EVCs e para OVCs.

Os PTs são definidos tipicamente com base em distâncias geográficas entre EIs, mas a escolha de um PT pode também depender de diversas considerações, tais como o número de nós de comutação ou as velocidades de transmissão de links envolvidos (inclusive links de acesso). Observa-se que a velocidade e a tecnologia de um link é um fator que pode ser determinante para o delay nesse link, por exemplo.

O padrão MEF 23.2 utiliza a distância como o meio primário para a definição de PTs, conforme a seguinte relação:

- PT0.3 ( PT Urbano): relativo a distâncias inferiores às distâncias metropolitanas (<75 km, 0,6 ms>);
- PT1 (PT Metro): relativo a distâncias tipicamente metropolitanas (< 250 km, 2ms>);
- PT2 (PT Regional): relativo a distâncias tipicamente regionais (< 1200 km, 8ms>);
- PT3 (PT Continental): relativo a distâncias tipicamente nacionais/continentais (< 7000 km, 44ms>);

- PT4 (PT Global): relativo a distâncias tipicamente globais/intercontinentais (< 27500 km, 172 ms>);

Os tempos indicados nos cinco PTs acima relacionados referem-se aos valores de delay de propagação utilizados nos CPOs para estabelecer um mínimo por PT.

### 6.2.3 – Compondo CPOs Fim a Fim

Uma EVC pode ser composta por múltiplas OVCs concatenadas. Quando isso ocorre, os CPOs por OVC devem ser consistentes com os CPOs da EVC. Pode ocorrer inclusive que múltiplas OVCs que compõem uma EVC se encontrem em uma mesma CEN, como, por exemplo, quando ocorre comutação *Hairpin* em uma EVC multiponto.

No caso específico da métrica Delay de Propagação (FD), é preciso considerar os delays intra-ENNI em cada ENNI envolvida em uma EVC Multi-CEN, que acarretam inevitavelmente um acréscimo no Delay de Propagação fim a fim.

A Figura 6.2 ilustra o caso de uma EVC ponto a ponto em uma única CEN, em que os CPOs da EVC dizem respeito ao PT3 para o Tráfego nos OEPPs relativos às duas UNIs da EVC.

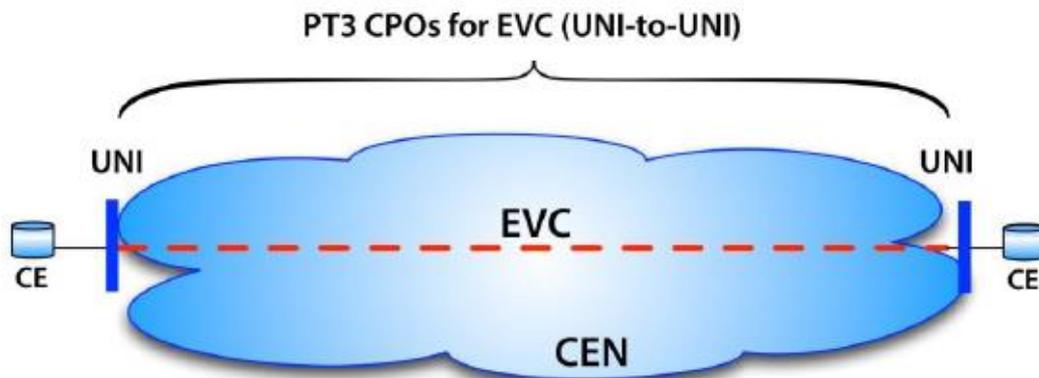


Figura 6.2 – Exemplo de PT (PT3) para uma EVC P2P em uma CEN (MEF 23.2, Figura 3).

A Figura 6.3 apresenta uma EVC ponto a ponto no PT3, que envolve duas OVCs ponto a ponto situadas em duas diferentes CENs.

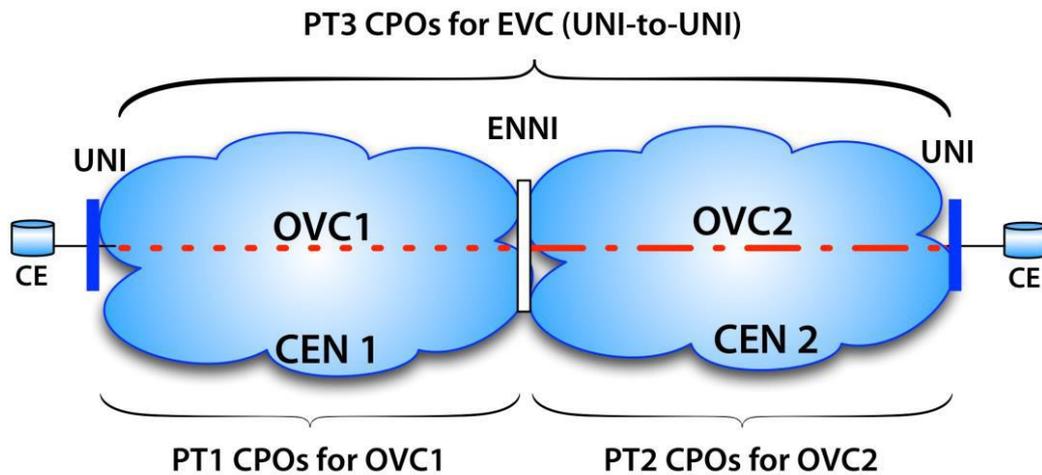


Figura 6.3 – Exemplo de PTs para uma EVC P2P Multi-CEN (MEF 23.2, Figura 4).

Nessa figura, observa-se que a OVC1 e a OVC2 utilizam, respectivamente, o PT1 e o PT2. Embora as OVCs dessa figura sejam UNI-ENNI, nada impede que se utilize uma configuração ENNI-ENNI, nem tampouco que se utilize EVCs ou OVCs multiponto.

A Figura 6.64 representa um exemplo de PT com a utilização de uma EVC multiponto a multiponto (MP2MP) Multi-CEN.

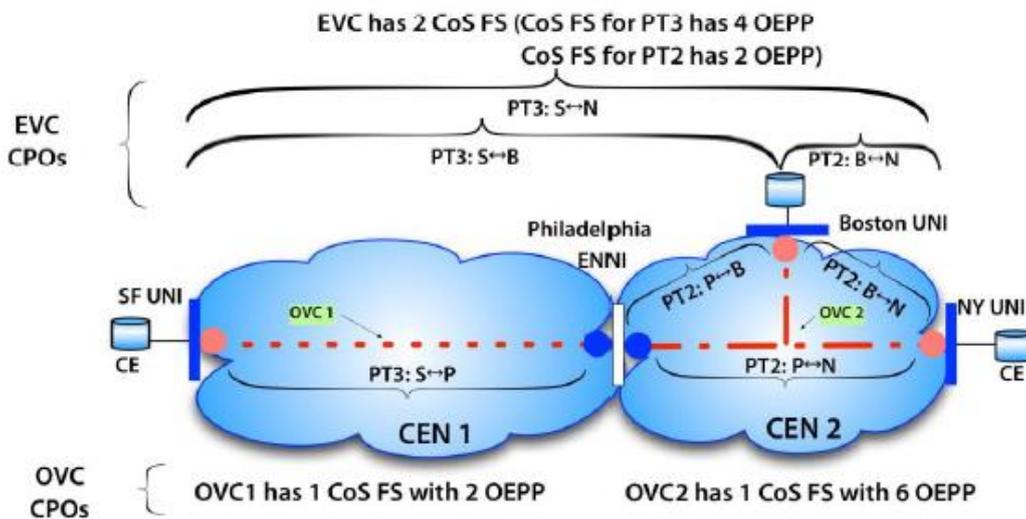


Figura 6.4 – Exemplo de PTs para uma EVC MP2MP Multi-CEN (MEF 23.2, Figura 5).

Observa-se nessa figura que, além da divisão da EVC (pontos S-N) em diferentes PTs na ENNI (ponto P), ocorre a divisão em diferentes PTs também em um ponto intermediário situado na *Boston UNI* na CEN 2 (Ponto B).

#### 6.2.4– Modelo Three CoS Label

O padrão MEF 23.2 define três *CoS Names*, referidos como *CoS Labels*, para EVCs e OVCs. Define também valores para CPOs agrupados em PTs, assim como

Parâmetros de Desempenho aos quais correspondem os valores dos CPOs definidos.

Os requisitos para *CoS Names* e para Cores são aplicáveis em UNIs e em ENNIs (ou seja, em EIs), e os correspondentes CPOs são aplicáveis para Quadros Qualificados que chegam nessas EIs para transporte através de uma EVC ou OVC.

O termo Quadro Qualificado (*Qualified Frame*) refere-se, genericamente, a quadros que atendam os termos da SLS referente ao serviço prestado.

Os três tipos de *CoS Label* são diferenciados pelos respectivos requisitos de desempenho:

- *CoS Label H*: objetiva o atendimento de aplicações que são bastante sensíveis a perdas, a delays e a variações de delay, tais como VOIP e controle do *Backhaul Móvel*;
- *CoS Label M*: objetiva o atendimento de aplicações que são sensíveis a perdas, mas que são mais tolerantes a delays e a variações de delay, tais como aplicações quase em tempo real (*near-real-time*) e aplicações críticas de dados;
- *CoS Label L*: objetiva o atendimento de aplicações que são mais tolerantes a perdas assim como a delays e a variações de delay, tais como aplicações não-críticas de dados.

O Modelo *Three CoS Label* é de uso recomendado, por ter sido especificado de modo a satisfazer as necessidades de competição de diversas aplicações, por ocupar um limitado espaço para a identificação do *CoS Label* e da Cor e por assegurar interoperabilidade suficientemente simples.

### **6.2.5 – Aplicação do Padrão MEF 23.2**

A Figura 6.5 exibe exemplos do escopo e da aplicabilidade do padrão MEF 23.2, tanto em UNIs quanto ENNIs, em EVCs e OVCs ponto a ponto e multiponto a multiponto.

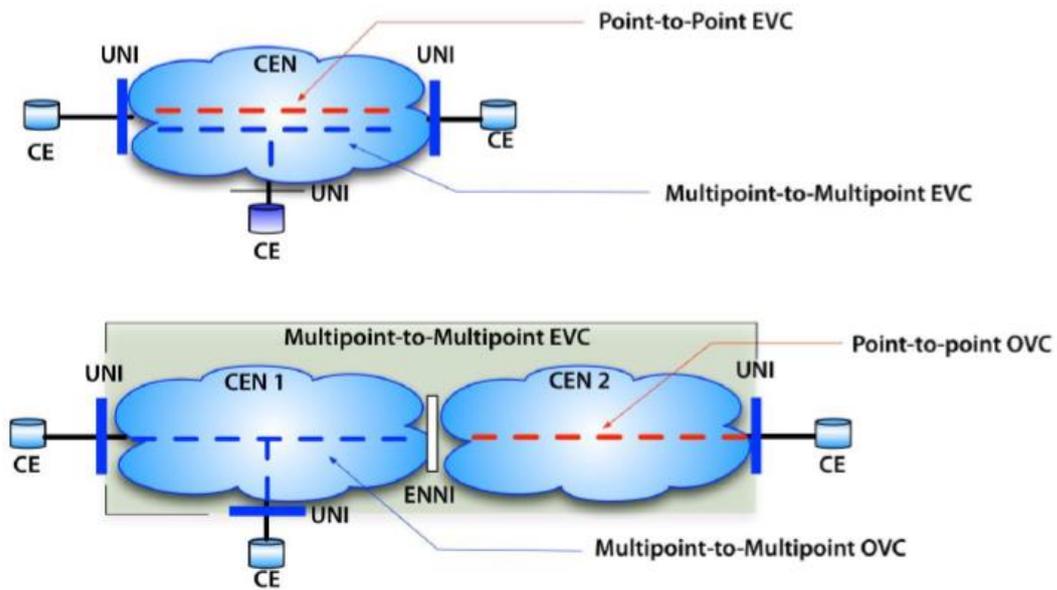


Figura 6.5– Exemplos do escopo e da aplicabilidade do padrão MEF 23.2 (MEF 3.2, Figura 1).

Como é possível o uso de sub-conjuntos de *CoS Labels*, é necessário o mapeamento entre valores na ENNI quando os operadores utilizam diferentes sub-conjuntos nas CENs vizinhas a essa ENNI. O mesmo ocorre, obviamente, no caso de interconexão de CENs com diferentes sub-conjuntos de *CoS Names*, como mostra a Figura 6.6.

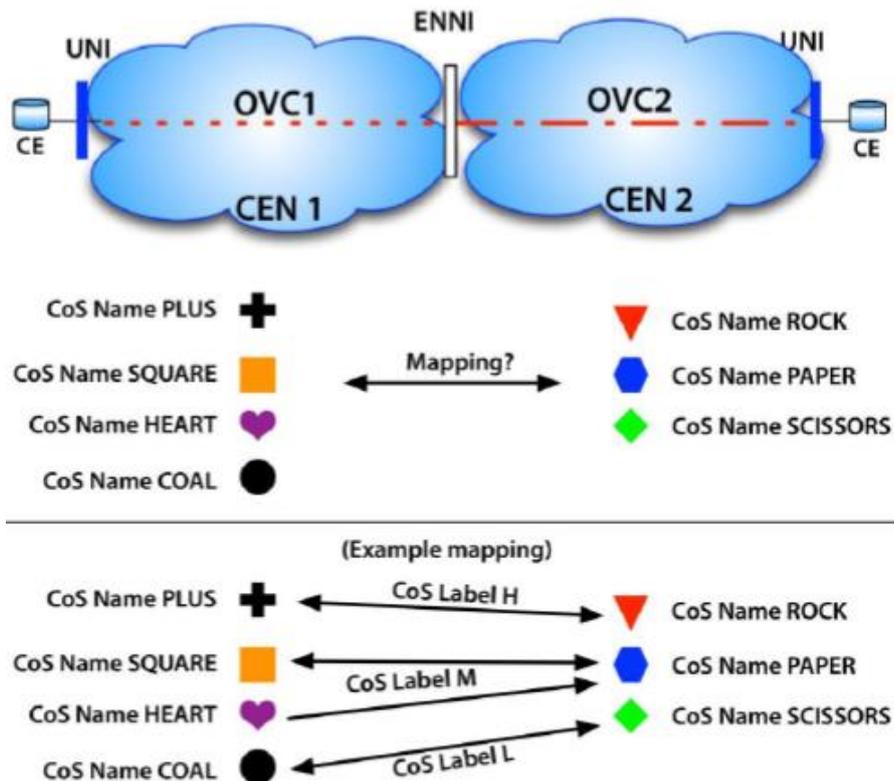


Figura 6.6 – Mapeamento de CoS Names na ENNI (MEF 23.2, Figura 2).

Como se observa nessa figura, os *CoS Names* SQUARE e HEART na CEN 1 mapeiam no *CoS Name* PAPER na CEN 2. No sentido inverso, o *CoS Name* PAPER mapeia exclusivamente no *CoS Name* SQUARE na CEN 1.

Os três *CoS Names* utilizados na CEN 2 (ROCK, PAPER e SCISSORS) poderiam corresponder aos *CoS Labels* H, M e L do Modelo *Three CoS Labels*, o que poderia também não ocorrer.

### 6.2.6– Mapeamento de CoS ID e Color ID em CoS Label e em Cor

Para uma UNI ou uma VUNI, o CoS ID pode basear-se em um dos seguintes valores:

- CoS ID baseado no IP (campo DSCP);
- CoS ID baseado no campo PCP;
- CoS ID baseado apenas em EVC ou OVC, estando o EP localizado em UNI;
- CoS ID baseado apenas em EVC ou OVC, estando o EP localizado em VUNI.

Quando o CoS ID é baseado no campo DSCP ou no campo PCP para uma UNI ou uma VUNI, esse CoS ID é, na realidade, também baseado na EVC ou na

OVC por onde o quadro de serviço ingressa. Para uma UNI ou uma VUNI, o *Color ID* pode basear-se nos mesmos valores de parâmetro utilizados como base para o CoS ID, ressalvando-se contudo a possibilidade adicional de uso do campo C-tag DEI com esse propósito.

Para uma ENNI, o *Color ID* pode basear-se nos mesmos valores de parâmetros utilizados como base para o CoS ID, ressalvando-se contudo a possibilidade adicional de uso do campo S-tag DEI com esse propósito. É importante lembrar que o único valor do campo DSCP ou do campo PCP pode codificar simultaneamente o CoS ID e o *Color ID*.

Na hipótese de CoS ID baseado unicamente na EVC ou na OVC em uma UNI ou em uma VUNI, os valores dos campos DSCP, PCP e DEI destinam-se exclusivamente para indicar a Cor do quadro de serviço.

A Figura 6.7 mostra como ocorre o mapeamento entre diferentes valores dos diferentes campos e a Cor do quadro de serviço na hipótese do parágrafo anterior.

CoS ID = EVC or OVC EP			Color <sup>1</sup>
Color ID = IP	Color ID = PCP	Color ID = DEI	
DSCP (PHB)	PCP	DEI	
28 (AF32), 30 (AF33), 12 (AF12), 14 (AF13), 0 (Default)	4, 2, 0	1	Yellow
All other values	7, 6, 5, 3, 1	0	Green

Figura 6.7 – Indicação de Cor quando o CoS ID é baseado apenas na EVC ou OVC EP na UNI ou VUNI (MEF 23.2, Tabela 3).

A observação 1 nessa figura refere-se ao fato de que para um quadro de serviço que não indique diretamente a Cor, como um quadro *untagged* quando o

*Color ID* é baseado no campo PCP ou no campo DEI, ou um quadro de serviço não-IP quando o *Color ID* é baseado no campo DSCP, a Cor desse quadro de serviço deve ser Verde.

Na hipótese de CoS ID baseado no IP (campo DSCP) ou no campo PCP em uma UNI, em uma VUNI ou em uma ENNI, os valores da Cor e do *CoS Name* em um quadro de serviço são indicados conforme a Figura 6.8.

CoS and Color Identifiers <sup>1</sup>			Color <sup>2</sup>	CoS Label
CoS ID = IP Color ID = IP  DSCP (PHB)	CoS ID = PCP Color ID = PCP  PCP	CoS ID = PCP Color ID = DEI  PCP ; DEI		
46 (EF), 44 (VA)	5	5 ; 0	Green	H
	4	5 ; 1	Yellow	
26 (AF31)	3	3 ; 0	Green	M
28 (AF32), 30 (AF33)	2	3 ; 1	Yellow	
10 (AF11)	1	1 ; 0	Green	L
12 (AF12), 14 (AF13), 0 (Default)	0	1 ; 1	Yellow	

**Figura 6.8 – Cor e Cos Label quando o Cos ID é baseado no DSCP ou no PCP na UNI, VUNI ou ENNI (MEF 23.2, Tabela 4).**

Um quadro de ingresso com um valor de CoS ID que não corresponde a um *CoS Label* nessa figura pode ser mapeado em qualquer *CoS Name*, inclusive um *CoS Name* com a característica de desempenho de descartar o quadro de ingresso.

Quando o CoS ID e o *Color ID* são ambos baseados no campo PCP do C-Tag ou S-Tag, existem apenas dois valores que não constam da Figura 6.8, que são os valores 6 e 7. Esses valores estão sempre disponíveis para mapear quadros de ingresso em diferentes *CoS Names*.

A observação 1 na Figura 6.8 indica que a completa identificação de uma CoS inclui também a identificação da respectiva EVC ou do respectivo Ponto de Terminação de OVC. Essa figura especifica apenas os valores de PCP ou de DSCP utilizados na identificação da CoS.

A observação 2 nessa figura tem o mesmo significado que a observação 1 na Figura 6.7 anterior.

### 6.2.7 – Métricas de Desempenho

O padrão MEF 23.2 considera dois agrupamentos de Métricas de Desempenho:

- Métricas de Desempenho relacionadas a delays;
- Métricas de Desempenho relacionadas a perdas de quadros.

No primeiro desses agrupamentos estão relacionadas as seguintes Métricas de Desempenho:

- *One-Way Frame Delay*(FD);
- *One-Way Mean Frame Delay* (MFD);
- *One-Way Frame Delay Range* (FDR);
- *One-Way Inter-Frame Delay Variation* (IFDV).

No segundo agrupamento, estão relacionadas as seguintes Métricas de Desempenho:

- *One-Way Frame Loss Ratio Performance* (FLR);
- *One-Way Availability Performance*;
- *One-Way Resiliency Performance* (HLI e CHLI);
- *One-Way Group Availability Performance*.

A Figura 6.9 ilustra a forma pela qual os atributos de Desempenho de Resilência unidirecionais HLI (*High Loss Interval*) e CHLI (*Consecutive High Loss Interval*) se enquadram na hierarquia de tempo.

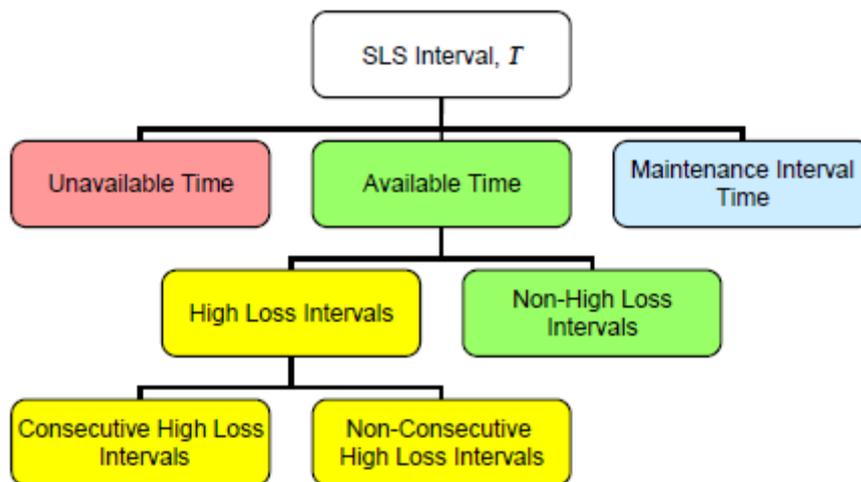


Figura 6.9– Hierarquia de tempo apresentando os atributos de Desempenho de Resiliência (MEF 23.2, Figura 6).

Todas as Métricas de Desempenho são unidirecionais (*one-way*). Não é um requisito que uma SLS inclua Objetivos de Desempenho para ambos os OEPPs de um par de pontos de terminação.

### 6.2.8 – Parâmetros de Desempenho

Os parâmetros associados a Métricas de Desempenho são especificados separadamente para serviços ponto a ponto e serviços multiponto.

De acordo com os padrões MEF 10.3 e 26.2, é requisitado que certos Parâmetros de Desempenho tenham um único valor para todas as Métricas de Desempenho especificadas em uma SLS, como mostra a Figura 6.10.

Parameter Symbol (Description)	Used in Performance Metric	Parameter Value
$t_s$ (SLS Start Time)	ALL	Any time and date
T (Time Interval)	ALL	$\leq 1$ Month

Figura 6.10 – Parâmetros com valor único (MEF 23.2, Tabela 5).

Os parâmetros para Métricas de Desempenho para serviços ponto a ponto, com as respectivas faixas de valores de parâmetros para os três *CoS Labels*, encontram-se relacionados na Figura 6.11

Parameter Symbol (Description)	Used in Performance Metric	Parameter Values for CoS Label H	Parameter Values for CoS Label M	Parameter Values for CoS Label L
$P_d$ (Percentile)	FD	$\geq 99.9^{\text{th}}$	$\geq 99^{\text{th}}$	$\geq 95^{\text{th}}$
$P_v$ (Percentile)	IFDV	$\geq 99.9^{\text{th}}$	$\geq 99^{\text{th}}$ or N/S	N/S
$\Delta t$ (Pair Interval)		$\geq 1\text{sec}$	$\geq 1\text{sec}$ or N/S	N/S
$P_r$ (Percentile)	FDR	$\geq 99.9^{\text{th}}$	$\geq 99^{\text{th}}$ or N/S	N/S
C (Loss Threshold)	ALL	$\leq 0.1$	$\leq 0.1$	$\leq 0.5$
$\Delta t$ (Loss Interval)	ALL	$\leq 10\text{ sec}$	$\leq 10\text{ sec}$	$\leq 10\text{ sec}$
n (Consecutive $\Delta t$ )	ALL	$\leq 10$	$\leq 10$	$\leq 10$
p (Consecutive $\Delta t$ )	HLI, CHLI	$\leq 5$	$\leq 5$	$\leq 5$
K (Number of OEPPs)	Group Availability ( $A_g$ )	N/A	N/S	N/S

Figura 6.11 – Parâmetros e valores de parâmetros para serviços ponto a ponto (MEF 23.2, Tabela 6).

A Figura 6.12 apresenta parâmetros para Métricas de Desempenho para serviços multiponto com as respectivas faixas de valores de parâmetros para os três *CoS Labels*.

Parameter Symbol (Description)	Used in Performance Metric	Parameter Values for CoS Label H	Parameter Values for CoS Label M	Parameter Values for CoS Label L
$P_d$ (Percentile)	FD	$\geq 98.5^{\text{th}}$	$\geq 98^{\text{th}}$	$\geq 94^{\text{th}}$
$P_v$ (Percentile)	IFDV	$\geq 98.5^{\text{th}}$	$\geq 98^{\text{th}}$ or N/S	N/S
$P_r$ (Percentile)	FDR	$\geq 98.5^{\text{th}}$	$\geq 98^{\text{th}}$ or N/S	N/S
Note that the Parameters Below have the same values as the Parameters for Point-to-Point Services				
$\Delta\tau$ (Pair Interval)	IFDV	$\geq 1\text{sec}$	$\geq 1\text{sec}$ or N/S	N/S
C (Loss Threshold)	ALL	$\leq 0.1$	$\leq 0.1$	$\leq 0.5$
$\Delta t$ (Loss Interval)	ALL	$\leq 10 \text{ sec}$	$\leq 10 \text{ sec}$	$\leq 10 \text{ sec}$
n (Consecutive $\Delta t$ )	ALL	$\leq 10$	$\leq 10$	$\leq 10$
p (Consecutive $\Delta t$ )	HLI, CHLI	$\leq 5$	$\leq 5$	$\leq 5$
K (Number of OEPPs)	Group Availability ( $A_g$ )	N/S	N/S	N/S

Figura 6.12 – Parâmetros e Valores de parâmetros para serviços multiponto (MEF 23.2, Tabela 7).

Como os valores de parâmetros são expressos em faixas, então para cada parâmetro um operador pode negociar um valor qualquer, menor que o máximo ou maior que o mínimo.

Quando um valor é expresso como N/S (*not specified*), então esse valor deve ser obtido por negociação entre as partes.

Os valores das figuras anteriores estabelecem uma referência para a definição de CPOs definidos no subitem a seguir. Assim, por exemplo, um valor igual ou inferior ao valor de FD definido para um CoS FS no *CoS Label H* (em qualquer PT) deve se verificar em no mínimo 99,9% das vezes em que se realizam medições.

### 6.2.9– CPOs por CoS Label e por PT

As figuras do presente subitem mostram os CPOs por cada Métrica de Desempenho por cada *CoS Label* e para serviços ponto a ponto e serviços multiponto (inclusive multiponto com raiz).

Cada figura apresenta os CPOs para cada um dos PTs.

A observação 1 nas Figuras 6.13, 6.14, 6.15, 6.16 e 6.17 a seguir indica que, para o CoS Label L, os parâmetros associados a Perfis de Vazão de Tráfego de Ingresso podem ser definidos de forma tal que nenhum quadro esteja submetido à SLS.

A Figura 6.13 apresenta os CPOs para o PTO.3.

Performance Metric	CoS Label H		CoS Label M		CoS Label L <sup>1</sup>	
	Pt-Pt	Multipoint	Pt-Pt	Multipoint	Pt-Pt	Multipoint
FD (ms)	≤ 3	≤ 3	≤ 6	≤ 6	≤ 11	≤ 11
MFD (ms)	≤ 2	≤ 2	≤ 4	≤ 5	≤ 9	≤ 10
IFDV (ms)	≤ 1	≤ 1	≤ 2.5 or N/S	≤ 2.5 or N/S	N/S	N/S
FDR (ms)	≤ 1.25	≤ 1.25	≤ 3 or N/S	≤ 3 or N/S	N/S	N/S
FLR (percent)	≤ .001% i.e., 10 <sup>-5</sup>	≤ .1% i.e., 10 <sup>-3</sup>	≤ .1% i.e., 10 <sup>-3</sup>			
Availability High Loss Interval (HLI) Consecutive HLI (CHLI) One Way Group Availability	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S

Figura 6.13 – CPOs para o PTO.3 (MEF 23.2, Tabela 8).

A Figura 6.14 apresenta os CPOs para o PT1.

Performance Metric	CoS Label H		CoS Label M		CoS Label L <sup>1</sup>	
	Pt-Pt	Multipoint	Pt-Pt	Multipoint	Pt-Pt	Multipoint
FD (ms)	≤ 10	≤ 10	≤ 20	≤ 20	≤ 37	≤ 37
MFD (ms)	≤ 7	≤ 10	≤ 13	≤ 15	≤ 28	≤ 30
One-way IFDV (ms)	≤ 3	≤ 3	≤ 8 or N/S	≤ 8 or N/S	N/S	N/S
FDR (ms)	≤ 5	≤ 5	≤ 10 or N/S	≤ 10 or N/S	N/S	N/S
FLR (percent)	≤ .01% i.e. 10 <sup>-4</sup>	≤ .1% i.e. 10 <sup>-3</sup>	≤ .1% i.e. 10 <sup>-3</sup>			
Availability High Loss Interval (HLI) Consecutive HLI (CHLI) One Way Group Availability	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S

Figura 6.14 – CPOs para o PT1 (MEF 23.2, Tabela 9).

A figura 6.15 apresenta os CPOs para o PT2.

Performance Metric	CoS Label H		CoS Label M		CoS Label L <sup>1</sup>	
	Pt-Pt	Multip	Pt-Pt	Multip	Pt-Pt	Multip
FD (ms)	≤ 25	≤ 25	≤ 75	≤ 75	≤ 125	≤ 125
MFD (ms)	≤ 18	≤ 20	≤ 30	≤ 32	≤ 50	≤ 52
One-way IFDV (ms)	≤ 18	≤ 18	≤ 40 or N/S	≤ 40 or N/S	N/S	N/S
FDR (ms)	≤ 10	≤ 10	≤ 50 or N/S	≤ 50 or N/S	N/S	N/S
FLR (percent)	≤ .01% i.e., 10 <sup>-4</sup>	≤ .1% i.e., 10 <sup>-3</sup>	≤ .1% i.e., 10 <sup>-3</sup>			
Availability High Loss Interval (HLI) Consecutive HLI (CHLI) One Way Group Availability	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S

Figura 6.15 – CPOs para o PT2 (MEF 23.2, Tabela 10).

A Figura 6.16 apresenta os CPOs para o PT3.

Performance Metric	CoS Label H		CoS Label M		CoS Label L <sup>1</sup>	
	Pt-Pt	Multip	Pt-Pt	Multip	Pt-Pt	Multip
FD (ms)	≤ 77	≤ 77	≤ 115	≤ 115	≤ 230	≤ 230
MFD (ms)	≤ 70	≤ 72	≤ 80	≤ 82	≤ 125	≤ 127
One-way IFDV (ms)	≤ 10	≤ 10	≤ 40 or N/S	≤ 40 or N/S	N/S	N/S
FDR (ms)	≤ 12	≤ 12	≤ 50 or N/S	≤ 50 or N/S	N/S	N/S
FLR (percent)	≤ .025% i.e., 2.5x10 <sup>-4</sup>	≤ .1% i.e., 10 <sup>-3</sup>	≤ .1% i.e., 10 <sup>-3</sup>			
Availability High Loss Interval (HLI) Consecutive HLI (CHLI) One Way Group Availability	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S

Figura 6.16 - PTOs para o PT3 (MEF 23.2, Tabela 11).

Finalmente, a Figura 6.17 apresenta os CPOs para o PT4.

Performance Metric	CoS Label H		CoS Label M		CoS Label L <sup>1</sup>	
	Pt-Pt	Multipoint	Pt-Pt	Multipoint	Pt-Pt	Multipoint
FD (ms)	≤ 230	≤ 230	≤ 250	≤ 250	≤ 390	≤ 390
MFD (ms)	≤ 200	≤ 202	≤ 220	≤ 222	≤ 240	≤ 242
One-way IFDV (ms)	≤ 32	≤ 32	≤ 40 or N/S	≤ 40 or N/S	N/S	N/S
FDR (ms)	≤ 40	≤ 40	≤ 50 or N/S	≤ 50 or N/S	N/S	N/S
FLR (percent)	≤ .05% i.e., $5 \times 10^{-4}$	≤ .1% i.e., $10^{-3}$	≤ .1% i.e., $10^{-3}$			
Availability High Loss Interval (HLI) Consecutive HLI (CHLI) One Way Group Availability	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S

Figura 6.17 – CPOs para o PT4 (MEF 23.2, Tabela 12).

Observa-se que os valores de desempenho para o caso de serviços multiponto são aplicáveis apenas para serviços multiponto com 100 ou menos interfaces externas.

#### 6.2.10– Mapeamento de Aplicações em Cos Label e PTs

A Figura 6.18 representa o mapeamento de um amplo conjunto de aplicações em *Cos Labels* e PTs.

CoS Label	H					M					L				
	0.3	1	2	3	4	0.3	1	2	3	4	0.3	1	2	3	4
Performance Tier															
VoIP		X	X	X	X										
VoIP & videoconf signaling							X	X	X	X					
Videoconf data							X	X	X	X					
IPTV data							X	X	X						
IPTV control							X	X	X						
Streaming media												X	X	X	X
Interactive gaming		X	X				X	X							
SANs synch replication	X						X								
SANs asynch replication							X								
Network attached storage												X	X	X	X
Text & graphics terminals												X	X	X	X
T.38 fax over IP							X	X	X	X					
Database hot standby	X						X								
Database WAN replication						X	X								
Database client/server												X	X	X	X
Financial/Trading	X	X													
CCTV							X	X	X	X					
Telepresence		X	X	X											
Circuit Emulation	X	X													
Mobile BH H		X													
Mobile BH M							X								
Mobile BH L												X			

Figura 6.18 – Mapeamento de aplicações em CoS Labels e PTs (MEF 23.2, Tabela 38).

O mapeamento apresentado nessa figura é informativo, e tem como propósito definir uma referência para a escolha de CPOs para as aplicações.

### 6.3 – PERFIS DE VAZÃO DE TRÁFEGO

Perfis de Vazão de Tráfego foram conceituados nos subitens 4.3.2 e 4.3.3 do Capítulo 4 deste livro, particularmente no subitem 4.3.2.14. Recomenda-se ao leitor, neste ponto, rever os itens acima mencionados.

O presente item tem como objetivo apresentar uma revisão sucinta desses conceitos, aprimorando alguns dos aspectos conceituais.

O padrão MEF 10.2, obsoleto e substituído pelo padrão MEF 10.3, considera seis Perfis de Vazão de Tráfego. O padrão MEF 10.3 manteve esse total de Perfis de Vazão de Tráfego, considerando, porém o Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EEC ID em substituição ao Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por CoS ID.

Os Perfis de Vazão de Tráfego definidos no padrão MEF 10.3 são os seguintes:

- Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por UNI;
- Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por EVC;
- Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por CoS ID;
- Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por UNI;
- Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EVC;
- Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EEC ID.

É importante observar que o padrão MEF 6.2, que define a utilização dos atributos de serviço especificados no padrão MEF 10.3 para os serviços de EVC, considera apenas a utilização do Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por CoS ID e do Perfil de Vazão de Tráfego de Egresso por EEC ID.

Outra facilidade introduzida pelo padrão MEF 10.3 é o suporte a múltiplos Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego (*Multi-Flow Processing*) por Envelope, acrescido da possibilidade de operar com compartilhamento de *tokens* (*token-sharing*).

O padrão MEF 10.2 limita-se ao suporte a um único Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego (*Single-Flow Processing*), o que não possibilita o compartilhamento de *tokens*.

### 6.3.1 – Único Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego

Um Perfil de Vazão de Tráfego, na hipótese de um único Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego, é definido pelos valores atribuídos a seis parâmetros: (CIR, CBS, EIR, EBS, CF e CM).

Conceitualmente, o algoritmo de Perfil de Vazão de Tráfego do padrão MEF 10.2 pode ser visualizado como uma máquina configurável que processa um único Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego.

Essa máquina (algoritmo) é configurada utilizando quatro *dials* de controle (CIR, CBS, EIR e EBS) e dois *switches* (CM, CF).

A Figura 6.19 permite a visualização da máquina conceitual que corresponde ao funcionamento do Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego do padrão MEF 10.2.



Figura 6.19– Máquina conceitual para o Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego do padrão MEF 10.2 (anexo MEF, Figura 1).

Nessa figura, os quatro *dials* de controle recebem um valor numérico, enquanto o *switch* CM assume dois possíveis estados (*Aware* ou *Blind*) e o *switch* CF assume também dois possíveis estados (1 ou 0), como será explicado adiante neste item.

O conjunto de valores atribuídos aos parâmetros acima mencionados define um Perfil de Vazão de Tráfego que deve ser especificado no SLA (*Service Level Agreement*).

O nível de ajustamento é expresso na declaração de três Cores:

- Verde (*CIR-conformant*): o quadro de serviço atende os termos do SLA e deve ser transmitido com a menor precedência para descarte;
- Amarela (*EIR-conformant*): o quadro de serviço não atende os termos do SLA, mas deve ser transmitido com maior precedência para descarte;
- Vermelha (*non-conformant*): o quadro de serviço não atende os termos do SLA, e deve ser imediatamente descartado.

A transmissão de quadros de serviço que ingressam na EVC está sujeita ao crivo do Perfil de Vazão de Tráfego aplicado, como será visto adiante neste item.

### 6.3.2 – Múltiplos Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego

O padrão MEF 10.3 generaliza o Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego para permitir o processamento de múltiplos Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego em um Envelope, e para assim possibilitar o compartilhamento de *tokens* (*token-sharing*).

A multiplicidade de Fluxos de Perfil de Vazão em um Envelope ocorre, por exemplo, no caso de Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por CoS ID, quando se verifica um Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego para o *CoS Label* H, para o *CoS Label* M e para o *CoS Label* L.

O Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego do padrão MEF 10.3 pode ser visto como uma máquina configurável formada por uma pilha de módulos configuráveis.

Cada módulo dessa máquina conceitual processa quadros de um Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego, sendo configurado utilizando-se seis *dials* de controle (CIRi, CIRmax, CBSi, EIRi, EIRmax e EBSi) e dois *switches* (CFi e CMi) módulos da máquina.

A máquina possui também um *switch* a mais (CF<sup>o</sup>), que é único para todos os módulos da máquina.

O conjunto de valores atribuídos a esses seis *dials* de controle e aos *switches* CFi e CMi, juntamente com o valor atribuído ao *switch* único CF<sup>o</sup>, é o que se denomina um Perfil de Vazão de Tráfego nos termos do padrão MEF 10.3.

Um Perfil de Vazão de Tráfego inclui também o ordenamento dos Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego na pilha de módulos. Esse ordenamento é especificado utilizando-se um outro parâmetro, referido como *Envelope Rank* (ERi), que declara a identificação do Envelope e posição do Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego na pilha.

Esse posicionamento é declarado convencionalmente na ordem crescente de baixo para cima, sendo então ER<sup>1</sup> a identificação do Envelope e a posição (*rank*) do módulo inferior.

Quando se utiliza os Fluxos Perfil de Vazão de Tráfego correspondentes aos *CoS Labels*, ao fluxo de *CoS Label H* é dada a posição ER<sup>3</sup>, ao fluxo do *CoS Label M* a posição ER<sup>2</sup> e ao fluxo do *CoS Label L* a posição ER<sup>1</sup>.

A figura 6.20 permite a visualização da máquina conceitual que corresponde ao funcionamento do Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego do padrão MEF 10.3.

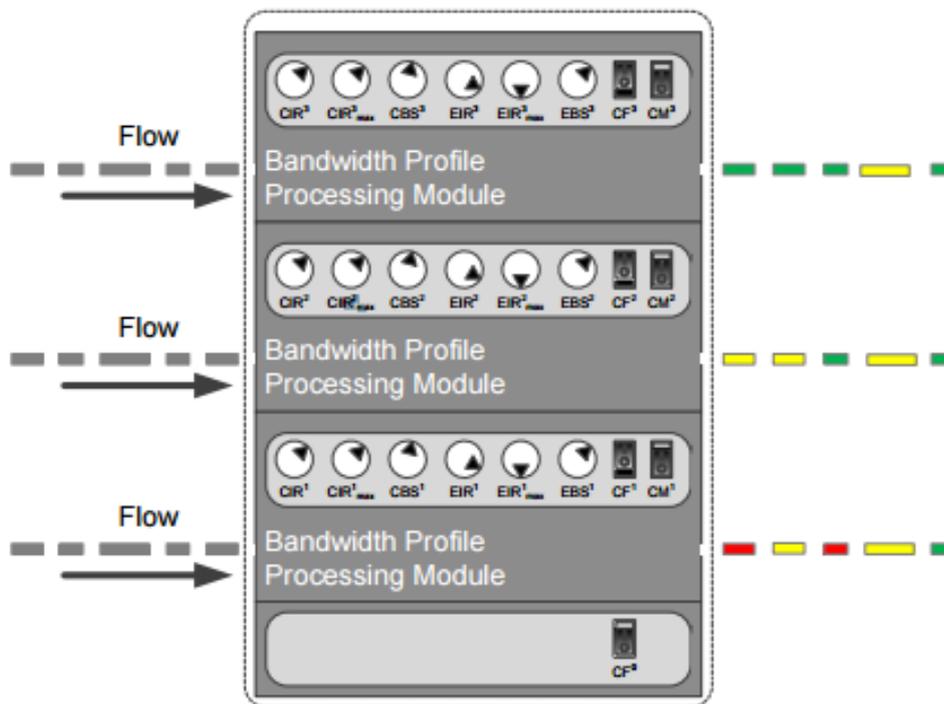


Figura 6.20 – Máquina conceitual para o Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego do padrão MEF 10.3 (anexo MEF, Figura 3).

Observa-se, na parte inferior direita dessa figura, a presença do *switch* CF°.

#### 6.4 – ALGORITMO TOKEN BUCKET GENÉRICO (GTBA)

O Algoritmo *Token Bucket* Genérico (*Generic Token Bucket Algorithm*), referido pela sigla GTBA, é formalmente definido no padrão MEF 41. A sua aplicação prática pelo MEF encontra-se especificada no *Appendix C* ao padrão MEF 10.3.

Em janeiro de 2017 foi emitido o padrão MEF 23.2.1, que representa uma emenda ao padrão MEF 23.2 que apresenta modelos para Perfis de Vazão de Tráfego com compartilhamento de *tokens* e que detalha o funcionamento do GTBA.

Vale menção também o MEF *White Paper* intitulado *Understanding Bandwidth Profiles in MEF 6.2 Service Definitions*, que busca esclarecer o conceito do GTBA.

##### 6.4.1 – Funcionamento do GTBA

A Figura 6.21 apresenta o modelo para o GTBA, utilizando um exemplo com um Envelope contendo três Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego.

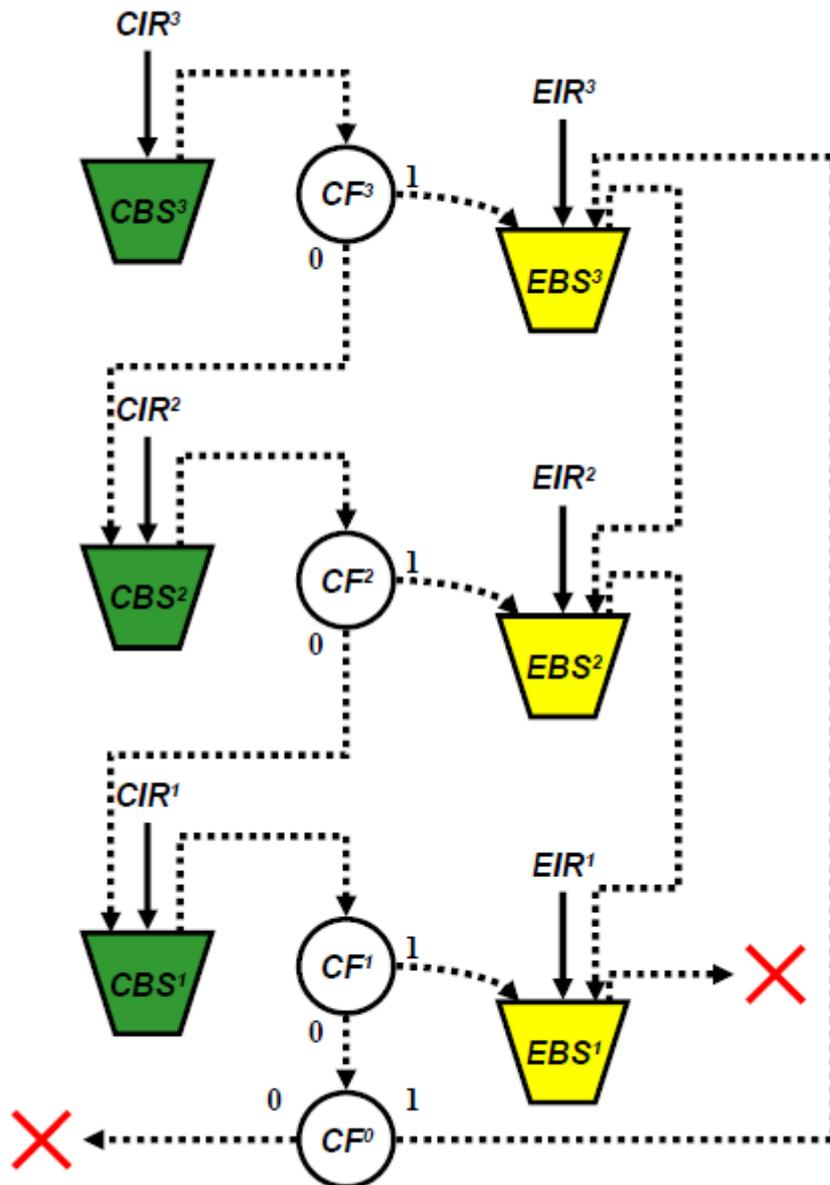


Figura 6.21 – Modelo para o GTBA com três fluxos (padrão MEF 10.3, Figura 42).

Essa figura mostra todas as possíveis fontes de *tokens* que podem ser utilizadas quando o  $CIR_i$  e/ou o  $EIR_i$  ( $i=1,2,3$ , no exemplo, são maiores que zero).

Mostra também todas as rotas potenciais para fluxos de *tokens* (em linhas tracejadas), que são dependentes dos valores setados para o parâmetro  $CF_i$  (0 ou 1).

A Figura 6.21 não mostra, contudo, o uso dos parâmetros  $Cimax$  e  $EIRimax$ , que serão explicados adiante neste item. Não mostra, tampouco, o fluxo dos quadros de serviço originalmente Verdes ou Amarelos que ingressam na UNI e são encaminhados ou descartados em conformidade com a Cor declarada (Verde, Amarela ou Vermelha) pelo algoritmo.

#### 6.4.1.1 – Conceção Básica

A concepção básica do GTBA, já aplicável ao algoritmo *token bucket* do padrão MEF 10.2, é a de que quadros de ingresso ou de egresso consomem *tokens* disponíveis, e a quantidade de *tokens* consumida por um quadro é função direta do número de octetos nele contidos (cada octeto consome um *token*).

Supondo-se o CM setado para *Color-Aware*, os quadros originalmente Verdes que ingressam no respectivo CBSi e que encontram um número suficiente de *tokens* (Verdes) disponíveis, são declarados Verdes e assim transmitidos na rede.

Quando os quadros originalmente Amarelos que ingressam no respectivo EBSi, e quadros originalmente Verdes que extravasaram em overflow do respectivo CBS e ingressaram Amarelos nesse EBS e que encontram um número suficiente de *tokens* (Amarelos) disponíveis, são declarados Amarelos, e assim transmitidos na rede.

Os quadros que extravasam de um EBSi são declarados vermelhos e descartados.

Os *token buckets* CBSi e EBSi são preenchidos com *tokens* de diferentes fontes que emitem *tokens* em taxas definidas no Perfil de Vazão de Tráfego utilizado.

Na hipótese de CFi igual a 1, EBSis de módulos de ordens inferiores podem ser alimentados por três fontes de *tokens*: os *tokens* do próprio EIRi, os *tokens* em overflow do respectivo CBS e os *tokens* em overflow do EBSi de ordem imediatamente superior.

Em Perfis de Vazão de Tráfego onde não ocorre compartilhamento de *tokens* entre diferentes fluxos, *tokens* não utilizados em um CBS podem ser transferidos (opcionalmente) para o correspondente EBSi, não sendo, transferidos, em nenhuma hipótese, para o CBS inferior.

Em Perfis de Vazão de Tráfego onde ocorre compartilhamento de *tokens* entre diferentes fluxos, diferentemente, os *tokens* não utilizados em um CBS podem ser opcionalmente transferidos para o CBS imediatamente inferior.

Em qualquer das hipóteses, o fluxo de *tokens* é regido pelos valores assumidos pelo parâmetro CFi.

#### 6.4.1.2 – Parâmetros Utilizados

Serão apresentados, a seguir, os parâmetros utilizados no GTBA, com as respectivas funções. A apresentação limita-se aos parâmetros que requerem atenção especial.

- **Color-Mode (CMi)**

O parâmetro CMi pode apresentar o valor *Color-Aware* ou o valor *Color-Blind*.

O Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego encontra-se no modo *Color-Aware* quando os quadros de serviço possuem uma cor original e essa Cor é levada em consideração pelo algoritmo.

No modo *Color-Aware*, o GTBA utiliza dois tipos de *buckets*, o CBS e o EBS, acoplados ou desacoplados. Na Figura 6.21 anterior, o GTBA opera no modo *Color-Aware*.

O Algoritmo Perfis de Vazão de Tráfego encontra-se no modo *Color-Blind* quando a Cor, associada a cada quadro de serviço, se existir, é ignorada pelo algoritmo.

No modo *Color-Blind* o algoritmo utiliza um único tipo de *bucket*, que trata os quadros de serviço independentemente das suas Cores.

- **Coupling Flag CFi**

*Coupling Flag CFi*, ou simplesmente CFi, é um parâmetro de Perfil de Vazão de Tráfego utilizado para controlar o fluxo de *tokens* Verdes não utilizadas em um Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego  $i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ).

Se CFi=0, os *tokens* Verdes não utilizados em um Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego de ordem  $i$  devem fluir, em descenso, para o *token bucket* Verde (CBS) de ordem  $i-1$ .

Se CFi=1, os *tokens* Verdes não utilizados pelo EBS $i$  em um fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego de ordem  $i$ , devem ser convertidos em *tokens* Amarelos e então fluir para o *token bucket* Amarelo (EBS) da mesma ordem  $i$ .

- **CIRimax e EIRimax**

CIRimax (CIR máximo de ordem  $i$ ) e EIRimax (EIR máximo de ordem  $i$ ) são parâmetros de Perfil de Vazão de Tráfego que limitam o fluxo de *tokens* que ingressam em um CBS $i$  ou em um EBS $i$ , respectivamente.

Para o entendimento do funcionamento do CIRimax e do EIRimax, imagina-se um funil colocado sobre o CBS $i$  ou sobre o EBS $i$ , para o qual fluem os *tokens* originários das próprias fontes (na taxas CIR $i$  ou EIR $i$ , respectivamente) e os *tokens* em overflow de um outro *token bucket*.

Nesse funil existe um registro que regula a entrada de *tokens* para o limite máximo igual ao valor do CIRimax ou do EIRimax. Ou seja, esse registro é configurado para o CIRimax (no CBS $i$ ) ou para EIRimax (no EBS $i$ ).

Os mecanismos CIRimax e EIRimax não armazenam ou descartam *tokens*. Caso a taxa de entrada de *tokens* em um funil ultrapasse o CIRimax ou o EIRimax, os *tokens* em excesso refluem do funil do CBS $i$  ou do EBS $i$ , juntamente com os *tokens* que possam estar eventualmente refluindo do próprio CBS $i$  ou do próprio EBS $i$ .

- **Envelope and Rank (ERi)**

O ERi é um parâmetro de Perfil de Vazão de Tráfego que consiste em um Envelope ID e uma ordem (*rank*)  $i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ). Assim, por exemplo,  $\langle xyz, 3 \rangle$  representa um ERi onde *xyz* é o *Envelope ID* e 3 é a ordem do Fluxo de Perfil de Tráfego.

- **Coupling Flag CF°**

O *Coupling Flag* CF° é um parâmetro de Perfil de Vazão de Tráfego utilizado para controlar o fluxo de *tokens* Verdes não utilizados no Fluxo de Perfil de Vazão de Tráfego de menor ordem (*bottom rank*).

O CF° é um parâmetro único para todo o Perfil de Vazão de Tráfego.

Se  $CF^\circ=0$ , os *tokens* Verdes não utilizados no *bottom rank* são descartados nessa própria ordem, seja diretamente seja através do *token bucket* Amarelo.

Se  $CF^\circ = 1$ , os *tokens* Verdes não utilizados no *bottom rank* são enviados para o *token bucket* Amarelo no *top rank*, isto é, para o *token bucket* Amarelo de ordem superior. Para que isso ocorra, é necessário que todos os CFis do Perfil de Vazão de Tráfego sejam setados para zero.

#### 6.4.2– Exemplos de Perfis de Vazão de Tráfego

Este subitem é dedicado à apresentação de exemplos de Perfis de Vazão de Tráfego em diferentes circunstâncias.

##### 6.4.2.1– Exemplo com $CF^\circ = 0$ e $CFis = 1$

Utiliza-se, nesse exemplo, uma configuração com três Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego incluídos em um Envelope e possuindo cada fluxo valores dedicados de CIRi e de EIRi.

Como os CFis são iguais a 1, os *tokens* Verdes em overflow (não utilizados) de um CBSi são transformados em *tokens* Amarelos e encaminhados para o EIRi de mesma ordem.

*Tokens* Amarelos em overflow de um EBSi são encaminhados para o EBSi de ordem imediatamente inferior.

O excesso de *tokens* Amarelos (que representa o excesso da totalidade de *tokens*) é somente descartado pelo EBS<sup>1</sup>, ou seja, pelo EBSi de menor ordem.

A Figura 6.22 ilustra esse exemplo de uso do Algoritmo *Token Bucket Genérico* (GTBA), onde  $CF^\circ$  e  $CFis = 1$

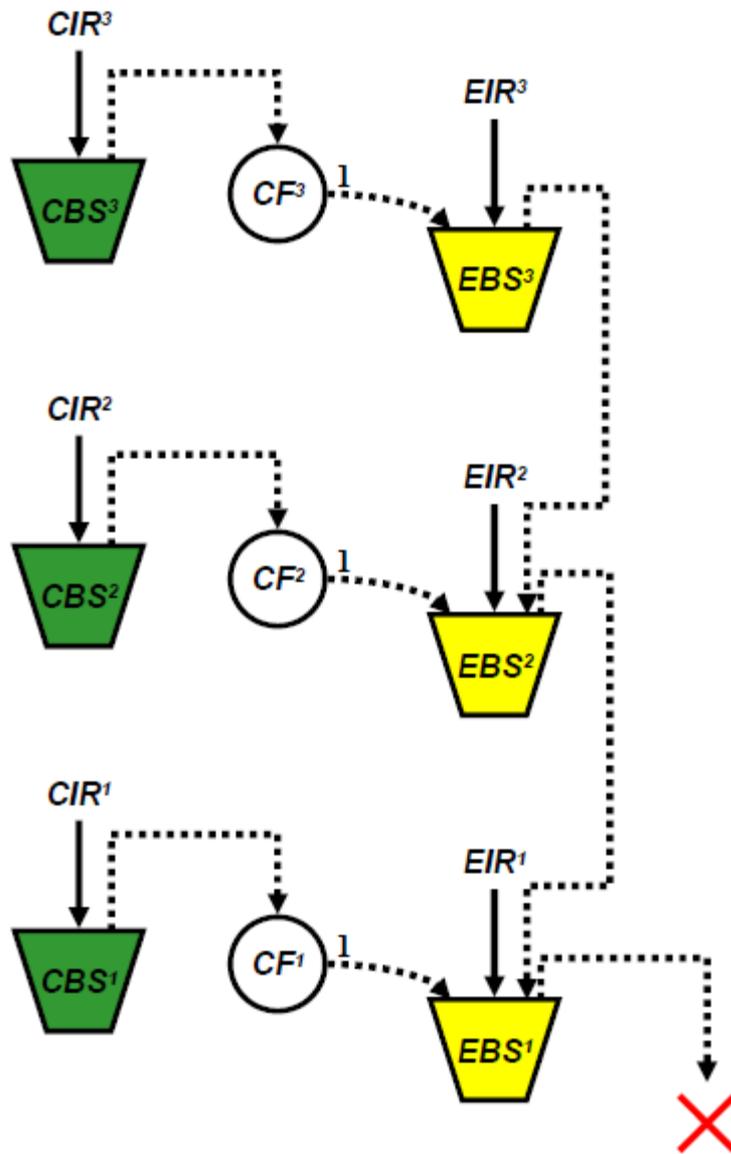


Figura 6.22– GTBA com  $CF^0 = 0$  e  $CFis = 1$  (MEF 10.3, Figura 43)

Observa-se que os valores de  $EIR_{imax}$  não são mostrados nessa figura, por razões de simplificação, mas os seus valores podem ser setados para limitar o número máximo de *tokens* em overflow dos CBSis e de cada EBSi para o EBS de ordem imediatamente inferior.

#### 6.4.2.2– Exemplo com $CF^0 = 0$ e $CFis = 0$

Utiliza-se, nesse exemplo, uma configuração com três Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego incluídos em um Envelope.

Os Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego compartilham o valor de  $CIR_{env}$  ( $CIR$  enviado) para o fluxo de *tokens* Verdes e, separadamente, o valor de  $EIR_{env}$  para o fluxo de *tokens* Amarelos.

Os *tokens* Verdes do  $CIR_{env}$  são inseridos no CBSi de ordem superior ( $CBS^3$ , no caso) e os *tokens* Amarelos do  $EIR_{env}$  são inseridos no EBSi de ordem superior ( $EBS^3$ , no caso).

Como os valores de CFis são iguais a zero, os overflows de *tokens* Verdes não são convertidos em *tokens* Amarelos e enviados para os EBSis. Esses overflows são enviados para os CBSis de ordem imediatamente inferior, sendo que no  $CBS^1$  esse overflow é descartado.

Os overflows de *tokens* Amarelos são enviados para os EBSis de ordem imediatamente inferior, a partir do  $EBS^3$ . No  $EBS^1$  esse overflow é descartado.

Existe a igualdade de valores  $CIR^1 = CIR^2 = EIR^1 = EIR^2 = 0$ . O  $CIR^3$  é igual ao  $CIR_{env}$  e o  $EIR^3$  é igual ao  $EIR_{env}$ .

Neste exemplo, o  $CBS^2$  e o  $CBS^1$  são alimentados pelos *tokens* Verdes em overflow do  $CBS^3$ , em cascata. De forma independente, o mesmo ocorre com o  $EBS^2$  e o  $EBS^1$ , que são alimentados pelos *tokens* Amarelos em overflow do  $EBS^3$ , também em cascata.

A Figura 6.23 ilustra este exemplo de uso do Algoritmo *token Bucket* Genérico (GTBA), onde  $CF^o = 0$  e  $CFis = 0$ .

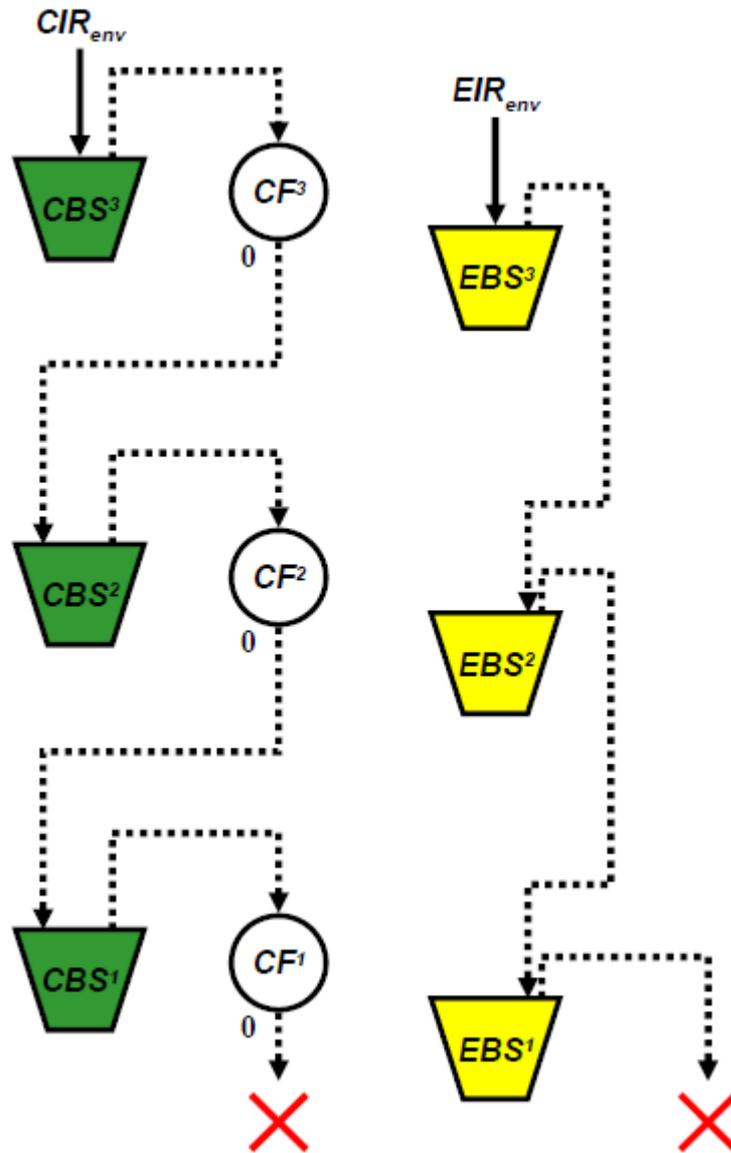


Figura 6.23 – GTBA com  $CF^0 = 0$  e  $CF_i = 0$  (MEF 10.3, Figura 44).

O  $CIR^{1max}$  e o  $CIR^{2max}$  podem ser utilizados para limitar a taxa de overflow de *tokens* Verdes de cada CBS<sub>i</sub> de ordem imediatamente superior. Essa utilização depende do desejo do provedor de serviço e da concordância por parte do usuário.

O mesmo pode ser dito para o  $EIR^{1max}$  e o  $EIR^{2max}$  no que se refere à limitação de overflows de *tokens* Amarelos.

#### 6.4.2.3– Exemplo com $CF^0 = 1$ e $CF_i = 0$

Utiliza-se, neste exemplo, uma configuração com três Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego incluídos em um Envelope e possuindo cada fluxo valores dedicados de  $CIR_i$  e de  $EIR_i$ .

Como os CFis são iguais a zero (condição associada ao  $CF^0 = 1$ ), o fluxo de *tokens* Verdes é desacoplado do fluxo de *tokens* Amarelos, como na Figura 6.23 anterior.

Como o  $CF^0$  é igual a 1, o excesso de *tokens* Verdes no  $CBS^1$  são transformados em *tokens* Amarelos e encaminhados, em retorno, para o  $EBS^3$  (EBS de maior ordem), onde são somados aos *tokens* Amarelos inseridos como  $EIR^3$ .

A Figura 6.24 ilustra esse exemplo de uso do GTBA, onde  $CF^0 = 1$  e  $CFis = 0$ .

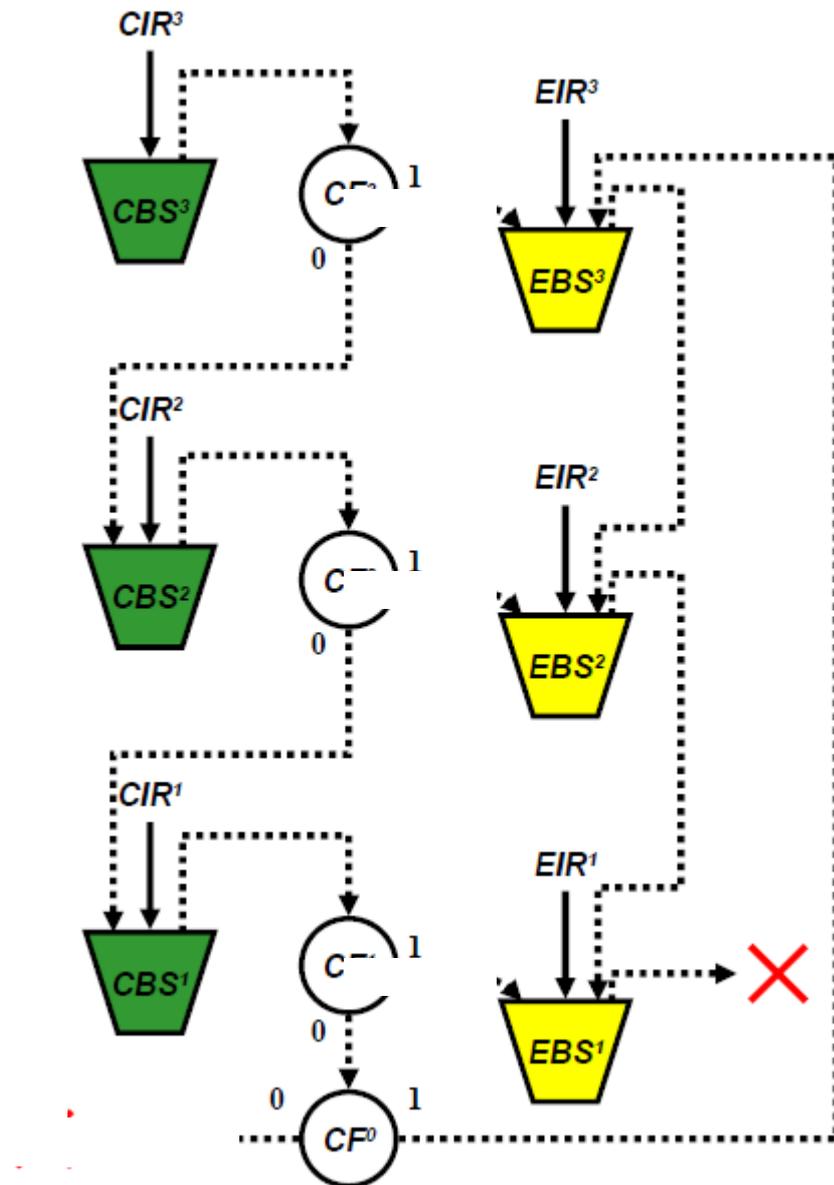


Figura 6.24 – GTBA com  $CF^0 = 1$  e  $CFis = 0$  (MEF 10.3, Figura 42 revista).

Como se observa nessa figura, somente o  $EBS^1$  descarta *tokens* não utilizados, o que caracteriza o caso em que o  $CF^0$  é igual a 1.

#### 6.4.2.4– EVCs Ativas / Standby

É possível a constituição, em Carrier Ethernet, de configurações em que são utilizadas duas EVCs com funcionalidades ativa e standby, sendo ambas centradas em uma dada UNI. Essas EVCs são tipicamente EVCs P2P no serviço EPL.

O propósito dessas configurações é o de permitir a comutação automática de proteção em caso de falha em uma dessas EVCs, o que sem dúvida aprimora a resiliência do serviço prestado.

Essa constituição é comumente utilizada em redes *Backhaul* Móveis, onde as duas EVCs Ativas / Standby são centradas na UNI correspondente à ERB que se quer proteger, que se conecta, por essas EVCs, as duas UNIs onde se encontram os RAN-NCs.

Uma das EVCs, referida como EVC Ativa, é responsável, durante a fase normal de funcionamento do serviço, pelo tráfego de dados do usuário. A outra EVC, referida como EVC Standby, é responsável pelo tráfego de protocolos de roteamento.

A Figura 6.25 apresenta um exemplo desse tipo de configuração para o *Backhaul* Móvel.

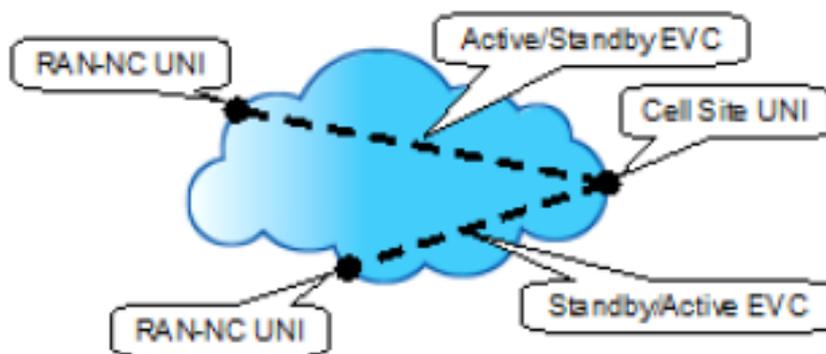


Figura 6.25 – EVC Ativas / Standby em Backhaul Móvel (MEF 10.3, Figura 46)

Para configurar o Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por Classe de Serviço na UNI correspondente à ERB nessa figura, devem ser especificados seis Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego, cada um referente a cada um dos *CoS Labels* (H, M e L) em cada uma das duas EVCs.

Esses seis Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego são mapeados em três Envelopes, cada um deles correspondente a um *CoS Label* no conjunto das duas EVCs.

Será agora considerado, a título de exemplo ilustrativo, o Envelope correspondente ao *CoS Label* H englobando a EVC Ativa e a EVC Standby.

O Envelope correspondente ao *CoS Label* H (assim como os Envelopes correspondentes ao *CoS Label* M e ao *CoS Label* L) contém dois Fluxos de Perfil de Vazão de Tráfego, de ordens 2 e 1.

Ao Fluxo de maior ordem (fluxo 2) correspondem *tokens* Verdes à taxa  $CIR_{2H}$  e *tokens* Amarelos à taxa  $EIR_{2H}$ , respectivamente. Esses *tokens* são destinados à EVC Ativa, por onde cursa o tráfego de dados do usuário.

Ao fluxo de menor ordem (fluxo 1), que corresponde ao tráfego na EVC Standby, são destinados *tokens* Verdes para o  $CBS_{1H}$ , à taxa  $CIR_r$ , que, adicionados aos *tokens* Verdes em overflow do  $CBS_{2H}$ , alimentam o  $CBS_{1H}$  para o atendimento ao tráfego de protocolos de roteamento.

No fluxo 1 não são enviados *tokens* Amarelos diretamente para o  $EBS_{1H}$ , sendo esse EBS alimentado exclusivamente por *tokens* Amarelos em overflow do  $EBS_{2H}$ .

A Figura 6.26 ilustra a aplicação dos procedimentos anteriores, alusivos ao Algoritmo Perfil de Vazão de Tráfego para o Envelope correspondente ao CoS Label H.

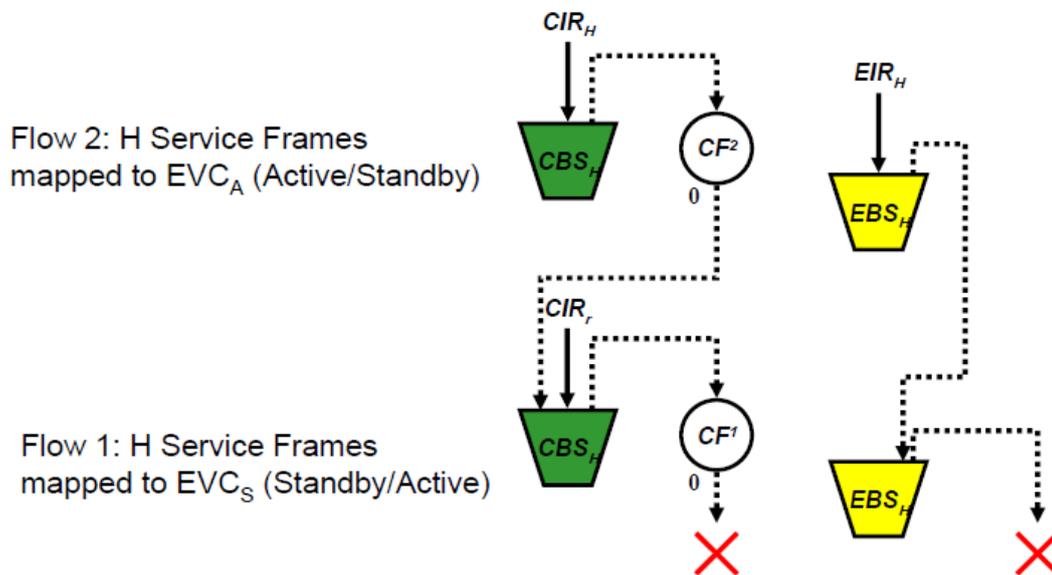


Figura 6.26 – Algoritmo Perfil de Vazão de Tráfego para o Envelope H (MEF 10.3, Figura 48).

Observa-se, nessa figura, que o  $CF^0$  possui o valor zero ( $CF^0=0$ ) e os CFis possuem também o valor zero ( $CFis=0$ ).

# Capítulo 7

## APLICAÇÕES ESPECIAIS DE CARRIER ETHERNET

### 7.1 – PREÂMBULO

O MEF definiu as seguintes aplicações especiais de Carrier Ethernet:

- Serviço de Emulação de Circuitos sobre Ethernet (CESoETH);
- *Backhaul* Móvel Fase 3;
- Carrier Ethernet em Processamento na Nuvem.

Para a especificação do CESoETH foram emitidos o padrão MEF 3 (*Circuit Emulation Service Definitions and Requirements in Metro Ethernet Networks*) e o padrão MEF 8 (*Implementation Agreement for the Emulation of PDH Circuits over Metro Ethernet Networks*).

A aplicação de Carrier Ethernet em redes *Backhaul Móveis* na tecnologia celular tem como base o padrão MEF 22.3 (*Implementation Agreement-Transport Services for Mobile Networks*), que obsoletou e substituiu o padrão MEF 22.2.

O padrão MEF 47 (*Carrier Ethernet Services for Cloud Implementation Agreement*) especifica a utilização de Carrier Ethernet em Processamento na Nuvem.

O objetivo deste capítulo é abordar essas três aplicações especiais de Carrier Ethernet.

### 7.2-SERVIÇO DE EMULAÇÃO DE CIRCUITOS SOBRE ETHERNET

O padrão MEF 3 (*Circuit Emulation Service Definitions, Framework and Requirements in Metro Ethernet Networks*) e o padrão MEF 8 (*Implementation Agreement for the Emulation of PDH Circuits over Metro Ethernet Networks*) definem o Serviço de Emulação de Circuitos sobre redes *Ethernet*, serviço esse designado pela sigla CESoETH (*Circuit Emulation Service over Ethernet*). Em resumo, o serviço CESoETH é um recurso técnico destinado ao provimento de serviços TDM emulados a usuários por parte de um provedor de serviços Carrier Ethernet.

O padrão MEF 3 estabelece os tipos de serviço TDM que podem ser oferecidos, por emulação, sobre uma rede Carrier Ethernet. Esse padrão contém também um quadro expositivo das questões relativas à implementação desses serviços, além dos requisitos necessários para provê-los em redes Carrier Ethernet.

São englobadas pelo padrão MEF 3 a possibilidade de emulação de circuitos PDH ( que compreende circuitos Nx64 Kbps, E1, E2, E3, E4 e E5) e a possibilidade

de emulação de circuitos SDH ( que compreende os tributários STM-0, STM-1, STM-4, STM-16, STM-64 e STM-256). Observa-se que, no Brasil, foram adotados os padrões europeus para PDH e SDH.

O padrão MEF 3 deixa em aberto a possibilidade de futura emissão de padrões (*Implementation Agreements*) objetivando a cobertura, de forma prática e inter-operável, tanto do PDH quanto do SDH, para os quais o padrão MEF 3 consistiria em uma referência.

Foi definido, nessa linha, o padrão MEF 8, que, como o próprio nome indica, restringe-se à cobertura da emulação de circuitos PDH sobre Ethernet.

Foram especificados pelo padrão MEF 3 quatro tipos básicos de Serviço de Emulação de Circuitos sobre Ethernet (CESoETH):

— *TDM Line Service* (T-Line):

- Modo não estruturado de emulação;
- Modo estruturado de emulação;
- Modo multiplexação;

— *TDM Access Line Service* (TALS);

— CES operado pelo usuário;

— Modo misto de operação do CES.

O CESoETH tem como suporte serviços Carrier Ethernet. Os serviços Carrier Ethernet que suportam as modalidades de CESoETH são serviços do tipo E-Line, nas opções EPL ou EVPL, dependendo da modalidade de CESoETH empregada.

### 7.2.1-Definição dos Tipos de CESoETH

O CESoETH objetiva possibilitar aos provedores de serviços Carrier Ethernet oferecer serviços TDM emulados a seus usuários. Por exemplo, o uso do CESoETH possibilita a conexão de PABXs em dependências de usuários, transportando assim tráfego de voz em paralelo com tráfego de dados.

O CESoETH baseia-se em EVCs ponto a ponto, que caracterizam o serviço Ethernet básico E-Line. O CESoETH utiliza, em essência, uma rede Carrier Ethernet como uma rede intermediária entre duas terminações TDM.

Utiliza-se, no CESoETH, uma Função de Interconexão (*Interworking Function*) para o interfaceamento entre a camada de serviço de aplicação (a rede TDM) e a camada de serviço Ethernet (representada pela rede Carrier Ethernet). O provedor de serviço responsável pela Função de Interconexão (IWF) é visto como usuário do serviço Carrier Ethernet, configurando-se assim uma divisão de atribuições entre os hipotéticos provedores de serviço.

Uma outra função que pode opcionalmente ser utilizada em uma configuração de CESoETH é o *TDM Service Processor* (TSP). O TSP consiste em uma ou mais funções complementares, que podem ser requeridas para ajustar o

serviço TDM oferecido a uma forma aceitável, ou adequada, para a IWF. Conversão de um serviço E1 fracional em um serviço Nx64 Kbit/s é um exemplo de uma função executada pelo TSP.

A função TSP é também responsável pela multiplexação de serviços TDM em um único serviço TDM a ser emulado, e pela demultiplexação do serviço composto nos serviços multiplexados no lado remoto.

As funções IWF e TSP podem residir no equipamento PE do provedor de serviço Carrier Ethernet, ou podem residir em uma unidade de equipamento própria

### 7.2.2-TDM Line Service (T-Line)

O serviço T-Line provê interfaces TDM (Nx64 Kbits/s, E1,E3, etc...) a usuários, mas transfere dados através de uma rede Carrier Ethernet e não de uma rede TDM com comutação de circuito. O serviço é prestado com a mesma qualidade estabelecida nos padrões do ITU-T e do ANSI aplicáveis.

O serviço TDM emulado do tipo T-Line é prestado aos usuários de forma direta, isto é, sem a participação de um segundo tipo de rede que realize concentração de tráfego (rede pública comutada de telefonia, ou seja, PSTN, por exemplo).

A Figura 7.1 representa a configuração de um serviço T-Line ponto a ponto sobre uma rede Carrier Ethernet.

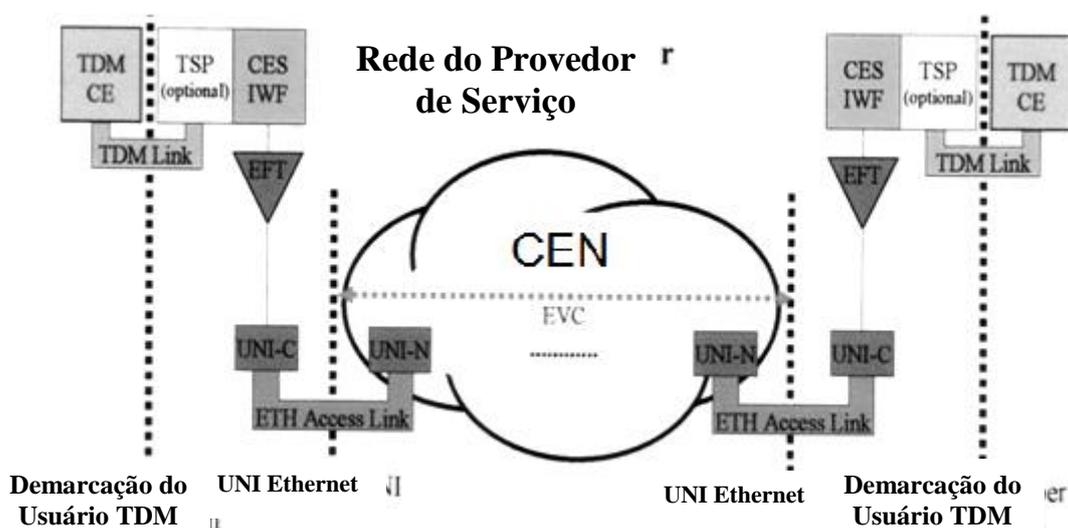


Figura 7.1-Serviço T-Line ponto a ponto sobre Carrier Ethernet (MEF 3, Figura 1).

Nessa figura encontram-se representadas as funções IWF e TSP mencionadas anteriormente, além da função EFT (*Ethernet Flow Termination*).O domínio Ethernet localiza-se entre as duas EFTs.

### 7.2.2.1 – Modos Operacionais do Serviço T-Line

O serviço T-Line é basicamente um serviço ponto a ponto, com taxa de transmissão de bits constante, similar aos serviços de aluguel de circuitos do serviço TDM tradicional. No entanto, o serviço T-Line pode operar também com circuitos multiponto a multiponto ou multiponto a ponto.

Pode ocorrer no serviço T-Line a multiplexação de serviços adiante das funções de interfuncionamento do CES. Essa multiplexação é realizada pelo TSP, sendo entregue ao usuário o serviço TDM multiplexado.

O serviço T-Line pode operar de três modos:

- Modo não estruturado de emulação (também referido como emulação *structure-agnostic*);
- Modo estruturado de emulação (também referido como emulação *structure-aware*);
- Modo multiplexação.

Os dois primeiros desses modos consistem em conexões ponto a ponto.

O modo multiplexação permite configurações multiponto a multiponto ou multiponto a ponto, embora tais configurações operem sobre EVCs ponto a ponto na rede Carrier Ethernet.

A Figura 7.2 apresenta o conjunto de possíveis configurações do serviço T-Line.

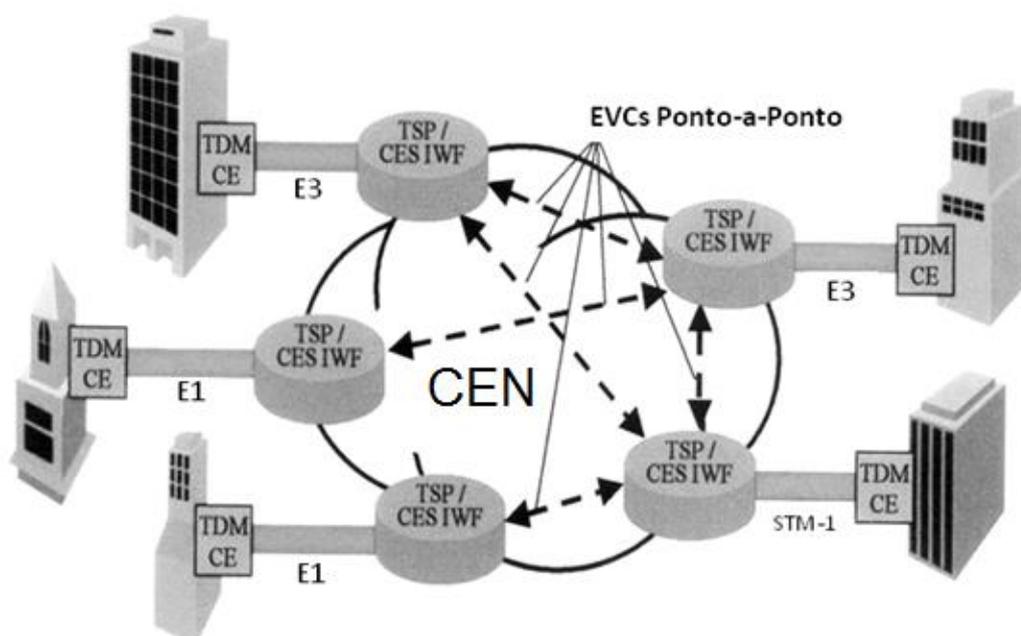


Figura 7.2- Possíveis configurações do serviço T-Line (MEF 3, Figura 2).

Além das interfaces TDM apresentadas nessa figura, podem ser também utilizadas as interfaces STM-1C, STM-4 e STM-4C. Todas essas configurações podem ocorrer também no serviço TALS, como será visto adiante neste item.

- **Modo Não Estruturado e Modo Estruturado de Emulação**

O Modo Não Estruturado de Emulação e o Modo Estruturado de Emulação representam o modo básico do serviço T-Line, operando com EVCs ponto a ponto sem a ocorrência de multiplexação de serviço. Isso significa que tais modos de operação têm como base o serviço E-Line do tipo EPL, e possibilitam apenas a existência de configurações ponto a ponto.

No Modo Não Estruturado de Emulação, o serviço é provido entre duas terminações de serviço que utilizam o mesmo tipo de interface, sendo que o tráfego que entra em uma dessas terminações deixa a rede na outra terminação inalterado.

São exemplos nos quais a emulação não estruturada pode ser utilizada o simples aluguel de circuitos e outras aplicações sensíveis a retardo de transferência.

No Modo Estruturado de Emulação, o serviço é provido entre duas terminações de serviço que utilizam o mesmo tipo de interface, sendo que parte do tráfego entrante em uma dessas terminações é tratado como overhead e a outra parte como payload.

Nesse caso, o overhead é retido na terminação de entrada, enquanto o payload é transportado transparentemente para a outra terminação. Nessa terminação remota, o payload é encapsulado em um novo overhead do mesmo tipo que o overhead original.

Um exemplo desse tipo de serviço é o serviço E1 fracional, onde o *framing bit* e os canais não utilizados são retirados, enquanto os canais utilizados são transportados através da rede Carrier Ethernet como um serviço Nx64 kbits/s.

- **Modo Multiplexação**

No Modo Multiplexação, múltiplos serviços transparentes com velocidades inferiores são multiplexados, em um ponto de terminação de serviço específico da rede Carrier Ethernet, em uma hierarquia digital superior. Da mesma forma, um serviço com velocidade superior é demultiplexado em múltiplos serviços com velocidades inferiores.

A Figura 7.3 mostra um exemplo de configuração em que um usuário possui um escritório central, com uma conexão E1, e várias filiais conectadas ao escritório central por meio de conexões E1 fracional.

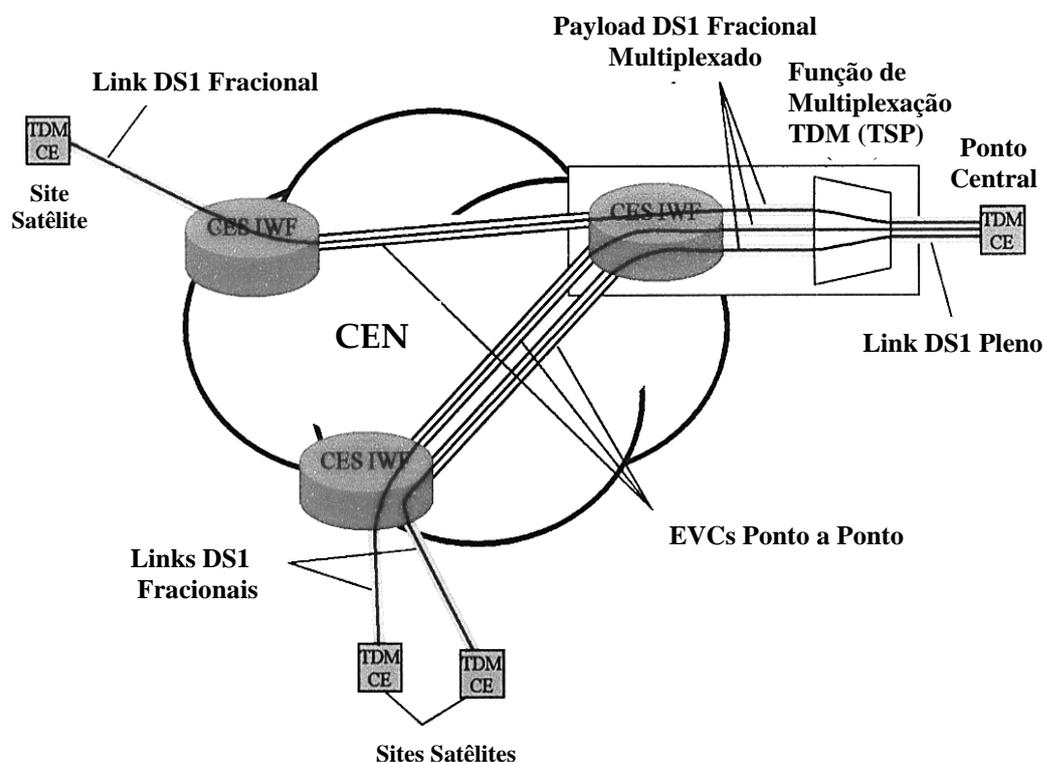


Figura 7.3 – Exemplo de serviço T-Line MP2P multiplexado (MEF 3, Figura 3).

A mesma configuração dessa figura poderia ser utilizada, por exemplo, se o escritório central utilizasse um E3 e as filiais fossem conectadas por conexões E1.

A multiplexação e a demultiplexação de serviços em CES para Carrier Ethernet são tipicamente realizadas no domínio TDM como parte de uma função TSP, e não no domínio Ethernet. Multiplexação e demultiplexação ocorrem além da CES IWF, como parte do processamento do sinal TDM nativo.

Resulta que o serviço do usuário é multiplexado, mas o serviço emulado (ou seja, o serviço entre as IWFs) utiliza o Modo Estruturado de Emulação. É possível, contudo, a realização de multiplexação Ethernet, ou seja, multiplexação entre IWFs em CES ETH como será visto adiante neste item.

#### 7.2.2.2 – Provisionamento de Banda Passante para o Serviço T-Line

É necessário que o provedor de serviço Carrier Ethernet provenha banda passante suficiente em sua rede para o transporte do serviço T-Line. Isso requer

uma granularidade fina no provisionamento de banda passante para permitir alocação eficiente.

Por exemplo, um serviço Nx/64 Kbit/s pode requerer alterações de banda passante com baixos valores. Se os incrementos de banda passante forem de 1 Mbit/s, por exemplo, ocorre inevitavelmente uma baixa eficiência de provisionamento.

Foram definidos os três seguintes esquemas para contornar esse problema:

- Alocação com granularidade de 100 Kbit/s;
- Multiplexação TDM;
- Multiplexação Ethernet.

Utilizando granulamento em degraus de 100 Kbit/s, ou ainda menor, obtêm-se maior eficiência na alocação de banda passante para serviços Nx64 Kbit/s.

Como isso nem sempre é possibilitado por grande parte dos equipamentos existentes, podem ser utilizados os dois últimos esquemas acima relacionados.

Na multiplexação TDM, a multiplexação (e a conseqüente demultiplexação) ocorre no domínio TDM, e, quando possível, os links que suportam as EVCs operam em velocidades mais elevadas, o que pode possibilitar o ganho de eficiência de alocação. Essa alternativa pode ser verificada na Figura 7.3 anterior neste capítulo.

A mesma granularidade é obtida quando a multiplexação ocorre no domínio Ethernet. Nesse caso, diversos circuitos podem ser multiplexados em uma única EVC, como mostra a Figura 7.4.

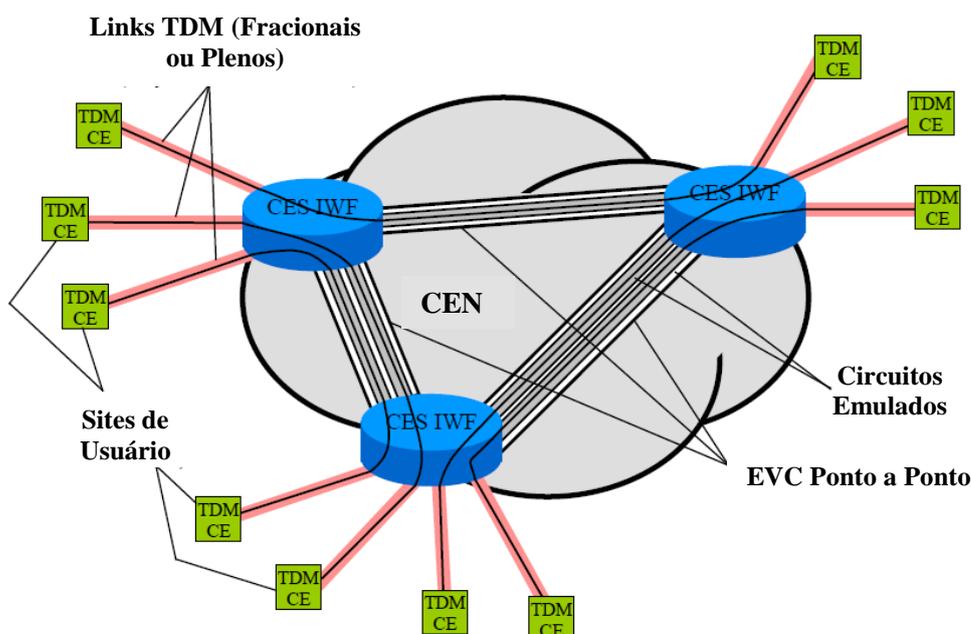


Figura 7.4 – Multiplexação em uma única EVC (MEF 3, Figura 4).

Como se observa nessa figura, toda a emulação de circuito nos links entre duas dadas IWFs ocorre através de uma única EVC. Isso ocorre utilizando-se multiplexação Ethernet.

O fato de que a alocação é feita para o agrupamento de links em uma única EVC proporciona a oportunidade de obter maior eficiência no uso de banda passante.

### 7.2.3-TDM Access Line Service (TALS)

No CESoETH do tipo TALS, o provedor de serviço repassa a conexão em uma extremidade (ou mesmo em ambas as extremidades) da rede CESoETH para um outro tipo de rede que desempenhe alguma forma de concentração de tráfego. Um uso comum desse serviço é quando a rede Carrier Ethernet é utilizada como uma rede de acesso a outra rede.

A Figura 7.5 representa um exemplo de configuração do serviço TALS ponto a ponto, sendo que, no caso, a rede para a qual ocorre o repasse de tráfego é a rede pública comutada de telefonia (PSTN).

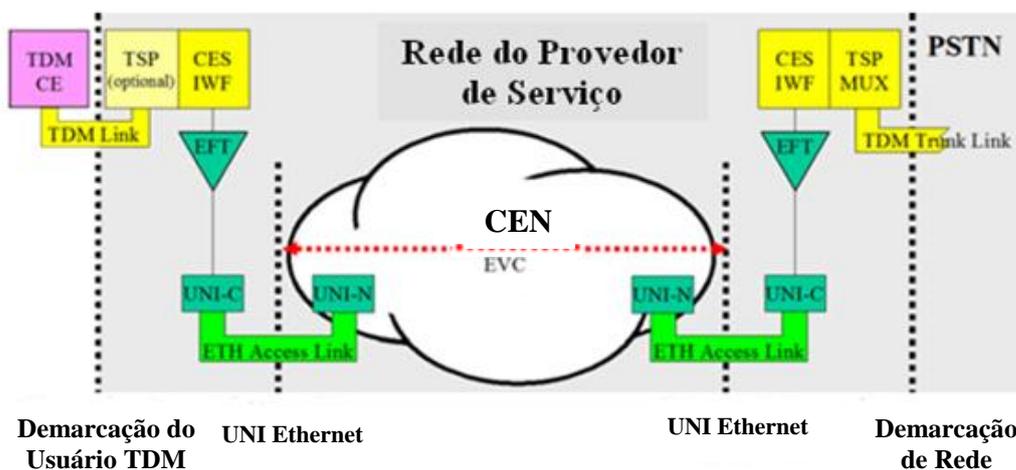


Figura 7.5 - Serviço TALS ponto a ponto (MEF 3, Figura 5).

O serviço TALS pode ser utilizado em configurações multiponto a multiponto ou mesmo multiponto a ponto, como mostra a Figura 7.6.

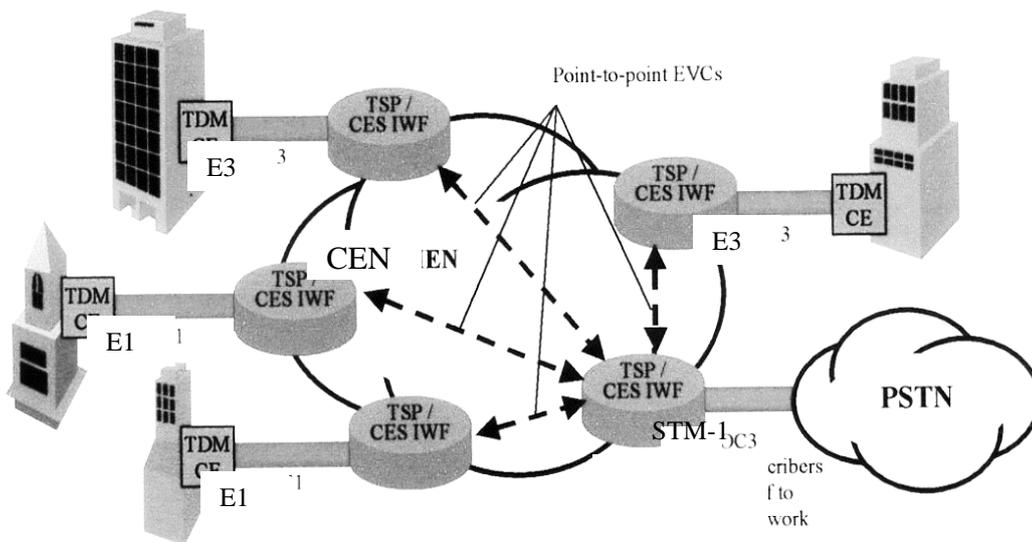


Figura 7.6- Exemplo de configuração do serviço TALS (MEF 3, Figura 6).

Como se observa, o serviço TALS na configuração dessa figura assemelha-se muito ao serviço T-Line no Modo Multiplexação. A única diferença é que o serviço final multiplexado pelo TSP é repassado para uma outra rede após a demultiplexação, e não para uma terminação TDM. Essa diferença pode significar a necessidade de diferentes requisitos de desempenho ditados pela segunda rede (rede PSTN, no exemplo).

#### 7.2.4-CESoETH Operado pelo Usuário

O usuário pode operar o serviço de emulação de circuitos de forma própria. Nesse caso, o provedor de serviço Carrier Ethernet tem que ser extremamente rigoroso na definição e controle de seus parâmetros de desempenho. O usuário é responsável pela qualidade do serviço

A Figura 7.1 anterior deste capítulo aplica-se ao CES operado pelo usuário, com a ressalva de que o ponto de Demarcação de TDM do Usuário (*TDM Subscriber Demarcation*), nessa figura, passa a localizar-se no *ETH Access Link*, isto é, entre a UNI-N e a UNI-C. Isso significa que as funções IWF, TSP e EFT passam a ser de responsabilidade do usuário, enquanto o serviço E-Line de suporte permanece com o provedor de serviço.

O CESoETH operado pelo usuário pode ocorrer tanto para o serviço T-Line quanto para o serviço TALS.

#### 7.2.5 – Modo Misto de Operação do CESoETH

No cenário referido como modo misto de operação do CESoETH, o ponto de demarcação TDM do usuário é Ethernet de um lado (isto é, encontra-se nas dependências do provedor de serviço Carrier Ethernet), enquanto o ponto de

demarcação TDM do usuário do outro lado encontra-se em dependências do próprio usuário.

A Figura 7.7 apresenta uma configuração do modo misto de operação do CESoETH, em que, de um lado (lado direito), o ponto de demarcação TDM do usuário encontra-se em dependências do usuário, sendo então o provedor de serviço responsável pelas funções de emulação.

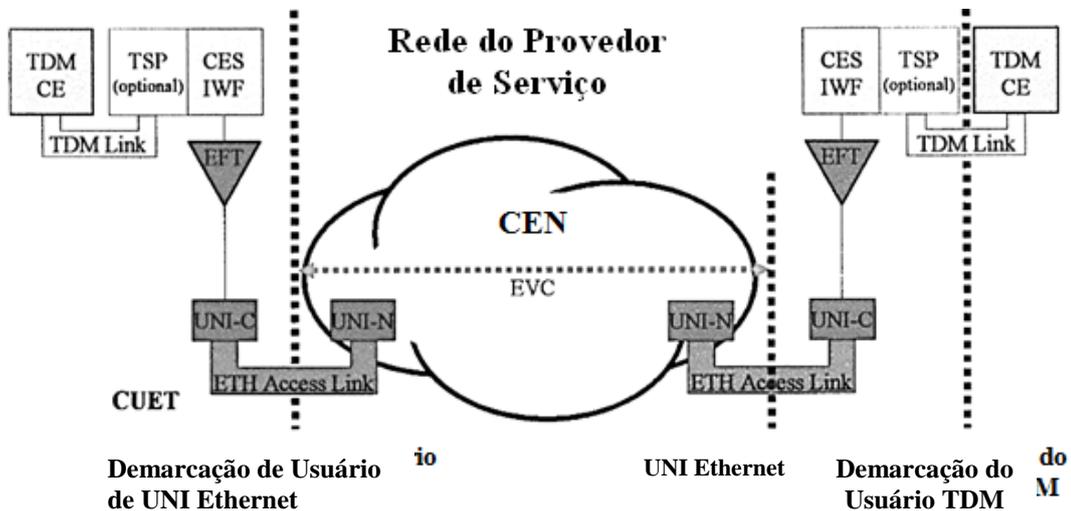


Figura 7.7- Modo misto de operação do CESoETH (MEF 3, Figura 7).

Do outro lado (lado esquerdo), o ponto de demarcação TDM do usuário encontra-se em dependências do operador de serviço, o que significa que as funções de emulação são de responsabilidade do usuário.

O modo misto de operação do CESoETH pode ocorrer tanto para o serviço T-Line quanto para o serviço TALS.

### 7.2.6-Requisitos para o CESoETH

O padrão MEF 3 define, além dos tipos de CESoETH, um vasto conjunto de requisitos para esses serviços. São estabelecidos também alguns conceitos que embasam a prestação do CESoETH para os usuários.

O padrão MEF 8, embora de forma direcionada para o PDH, complementa a fundamentação conceitual do CESoETH contida no padrão MEF 3 de modo mais detalhado, especificando inclusive os requisitos aplicáveis.

O padrão MEF 3 define os requisitos para a prestação do CESoETH dentro da seguinte ordem:

- Serviço DS1/E1 NX64Kbit/s estruturado;
- Serviço DS1/E1 não estruturado;
- Serviço DS3/E3 não estruturado;

- Interfaces SONET/SDH;
- Requisitos gerais.

Em cada uma dessas divisões, os requisitos dizem respeito a diferentes parâmetros, como, por exemplo, parâmetros para a constituição de quadros TDM, de *clocking*, de *jitter* e *wander*, de alarmes, de quadros perdidos ou fora de sequência, de *buffer overflow/underflow*, etc...

Complementarmente, foram explicitados os requisitos aplicáveis à rede Carrier Ethernet de suporte ao CESoETH. Tais requisitos dizem respeito aos seguintes aspectos:

- Retardo de quadros;
- *Jitter* de quadros;
- Perda de quadros;
- Disponibilidade de rede;
- Provisionamento de bandas passantes.

Foram especificados, por exemplo, retardos máximos de quadro iguais a 10 ms, valores de *jitter* de quadros no máximo iguais a 25ms, disponibilidade de rede superior a 99,95% e provisionamento de bandas passantes em incrementos no máximo iguais a 100 kbit/s.

## 7.2.7-Embasamento e Especificação do CESoETH

O padrão MEF 3 e, principalmente, o padrão MEF 8, estabelecem diferentes conceitos que fundamentam o CESoETH, especificando detalhes de sua implementação.

Dentre os aspectos abordados, destacam-se os seguintes:

- Tipos de interface e funções;
- CES IWF;
- Arquitetura funcional;
- Terminologia para direcionamento;
- Encapsulamento do *TDM payload*;
- Formatos do *TDM payload*;
- Sincronização em CESoETH;
- Sinalização em CESoETH.

Os leitores interessados em maior aprofundamento na questão devem consultar os padrões MEF 3 e MEF 8.

### 7.2.7.1- Tipos de Interface e Funções

A Figura 7.8 apresenta uma visão global dos tipos de interface e funções do CESoETH.

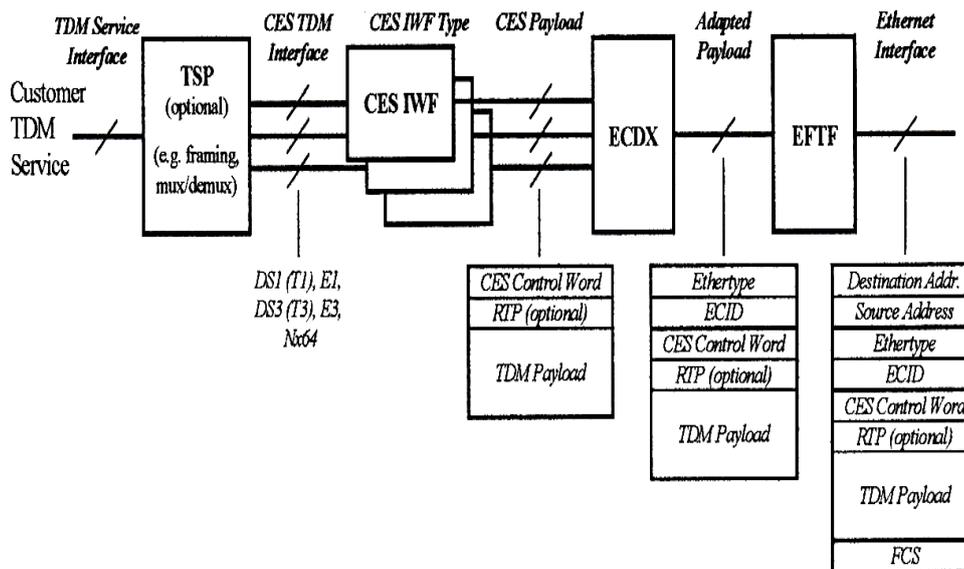


Figura 7.8- Tipos de interface e funções do CESoETH (MEF 8, Figura 6-3).

Observa-se nessa figura que a função EFT definida no padrão MEF 3 é referida como EFTF (*Ethernet Flow Termination Function*) no padrão MEF 8.

Utiliza-se em CESoETH uma conexão ponto a ponto entre duas Funções de Interoperação do CES (CES IWF). Cada uma dessas funções refere-se a algumas funções realizadas em um dos lados da conexão ponto a ponto. A rede Carrier Ethernet no CESoETH é, essencialmente, uma rede intermediária entre duas redes TDM.

Um dos pontos centrais para o embasamento do CESoETH é a definição dos tipos de interface utilizados no serviço, e a definição mais completa das funções existentes em uma rede que ofereça CESoETH.

Foram estabelecidos os conceitos de Interface do Serviço TDM (*TDM Service Interface*) e de Interface TDM do CES (*CES TDM Interface*). A primeira dessas interfaces situa-se entre o serviço TDM do usuário e o TSP, enquanto a segunda refere-se à conexão entre a CES IWF e o TSP.

O TSP (*TDM Service Processor*) é um componente opcional que opera na interface do Serviço TDM para produzir o serviço a ser emulado através da rede Carrier Ethernet (e vice-versa). O TSP, por exemplo, pode terminar o overhead de *framing* ou pode multiplexar diversos serviços TDM do usuário em um único serviço a ser emulado.

O TSP é considerado parte do equipamento do vendedor, e sua operação não é coberta pelo MEF.

As CES IWFs possibilitam a emulação de diferentes interfaces multiplexadas em uma EVC, sendo que cada circuito TDM emulado em cada uma dessas interfaces deve ser identificada por um valor de ECID (*Emulated Circuit Identifier*), que consta do cabeçalho do quadro ethernet.

Os valores de ECID, de significado local, são inseridos e retirados já no domínio da comutação de pacotes, por meio de uma função referida como ECDX (*Emulated Circuit De/Multiplexing Function*). A função ECDX é também responsável pela atribuição do campo *Ethertype* do cabeçalho MAC do quadro Ethernet, cujo valor indica tratar-se de um *TDM payload* (valor 0X88D8).

Compete à função EFTF (*Ethernet Flow Termination Function*), situada no limite do domínio Ethernet, complementar a montagem do quadro MAC, mediante a inserção dos endereços MAC de origem e de destino e, a seguir, do campo CRC. Compete também à EFTF a adição opcional do VLAN tag e de bits de *padding*.

A atribuição do endereço MAC de origem é uma questão de política local. Como endereço MAC de destino deve ser inserido o endereço MAC da IWF de destino.

#### **7.2.7.2 – CES IWF**

A CES IWF é a função de adaptação que interfaceia a aplicação CES para a camada Ethernet, e realiza a emulação do serviço apresentado à Interface TDM do CES. Ela é responsável por uma série de funções, tais como encapsulamento/decapsulamento, extração de payload, sequenciamento, sincronização, sinalização TDM, alarmes e monitoração de desempenho.

Pela sua importância, a CES IWF é considerada separadamente neste subitem a ela dedicado.

Os tipos de CES IWF classificam-se em função dos tipos de payload a serem emulados, como mostra a Figura 7.9.

Payload Type	CES TDM Interface Type	CES Rate	IWF Type
PDH	NDS0	N x 64 kbit/s	NDS0-CE
	DS1	1.544 Mbit/s	DS1-CE
	E1	2048 kbit/s	E1-CE
	E3	34368 kbit/s	E3-CE
	DS3	44.736 Mbit/s	DS3-CE
SONET/SDH	STS-1	51.84 Mbit/s	STS-1-CE
	STS-3	155 Mbit/s	STS-3-CE
	STS-3c	155 Mbit/s	STS-3c-CE
	STM-1	155 Mbit/s	STM-1-CE
	STS-12	622.08 Mbit/s	STS-12-CE
	STS-12c	622.08 Mbit/s	STS-12c-CE
	STM-4	622.08 Mbit/s	STM-4-CE
SONET/SDH Tributary	VT-1.5	1.728 Mbit/s	VT-1.5-CE
	VT-2	2.176 Mbits	VT-2-CE
	VC-11	1.728 Mbit/s	VC-11-CE
	VC-12	2176 kbit/s	VC-12-CE
	VC-3	48384 kbit/s	VC-3-CE
	STS-1P	50.112 Mbit/s	STS-1P-CE
	STS-3P	150.336 Mbit/s	STS-3P-CE
	VC-4	150.336 Mbit/s	VC-4-CE
	STS-3cP	150.336 Mbit/s	STS-3cP-CE
	STS-12P	601.344 Mbit/s	STS-12P-CE
	STS-12cP	601.344 Mbit/s	STS-12cP-CE
		VC-4-4	601.344Mbit/s
	VC-4-4cP	601.344Mbit/s	VC-4-4cP-CE

Figura 7.9 – Tipos de CES IWF (MEF 3, Tabela 2 revista).

Sob a gerência da CES IWF, os serviços de emulação, tanto de PDH quanto de SDH, podem ser utilizados para suportar as interfaces dos serviços TDM estruturados ou dos serviços TDM não-estruturados.

Nos serviços TDM estruturados, a entrada dos serviços TDM pode ser demultiplexada na granularidade apresentada na Figura 7.10.

TDM Service Interface	Unstructured TDM Service	Structured TDM Service	Structured TDM Service Granularity
DS1	Yes	Yes	Nx64 kbit/s
DS3	Yes	Yes	DS1, Nx64 kbit/s
E1	Yes	Yes	Nx64 kbit/s
E3	Yes	Yes	E1, Nx64 kbit/s, DS0
OC-1	Yes	Yes	STS-1, VT-1.5, VT-2
OC-3	Yes	Yes	STS-1, VT-1.5, VT-2
OC-3c	Yes	Yes	STS-3c
STM-1	Yes	Yes	VC-11 (DS1), VC-12 (E1), VC-3 (DS3, E3, other)
STM-1c	Yes	Yes	VC-4, VC-3, VC-11, VC-12
OC-12	Yes	Yes	VT-1.5 (DS1), VT-2 (E1), STS-1 (DS3, E3, other), STS-3c
OC-12c	Yes	Yes	STS-12c
STM-4	Yes	Yes	VC-11 (DS1), VC-12 (E1), VC-3 (DS3, E3, other), VC-4
STM-4c	Yes	Yes	VC-4-4c

Figura 7.10 – Granularidade nos serviços TDM estruturados (MEF 3, Tabela 1)

O interfaceamento da CES IWF com o serviço de emulação TDM de SDH realiza-se mediante o simples envelopamento dos quadros pelo TSP. No caso de PDH, contudo, é necessária a realização de mapeamentos pelo TSP.

A Figura 7.11 mostra as funcionalidades desempenhadas pelo TSP para o serviço de emulação TDM de PDH e de SDH.

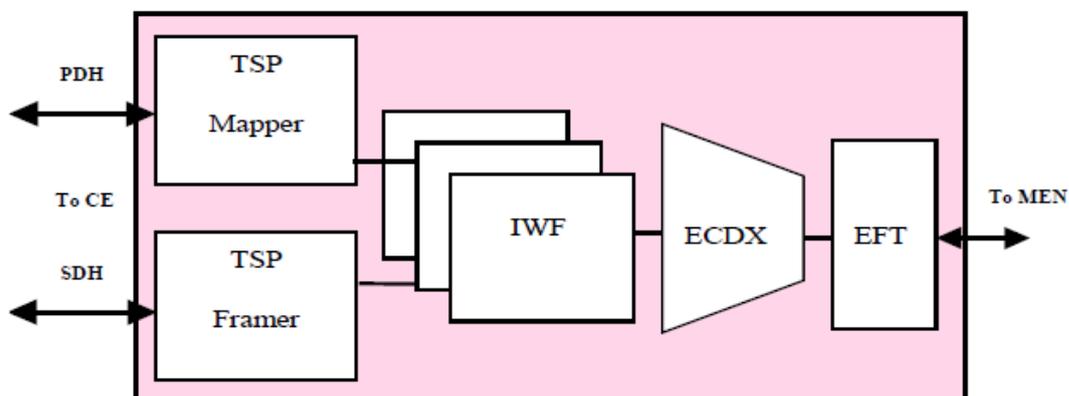


Figura 7.11 – TSP para emulação de PDH e de SDH (MEF 3, Figura 10).

### 7.2.7.3 – Arquitetura Funcional

As funções descritas nos dois subitens anteriores podem ser hierarquizadas conforme a Figura 7.12.

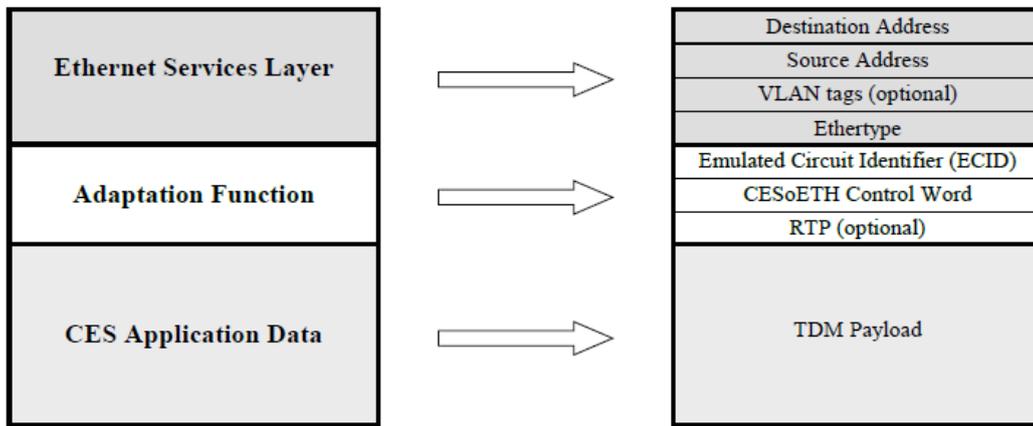


Figura 7.12 – Arquitetura funcional do CESoETH (MEF 8, Figura 6-1).

Essa figura representa, na realidade, a figura tradicional de arquiteturas de redes de forma invertida, pois indica o envelopamento do quadro TDM emulado pela rede Carrier Ethernet de cima para baixo, correspondendo à formatação do quadro emulado e não à arquitetura de redes em sua forma convencional.

O *TDM payload* corresponde à camada *CES Application Data*, que é envelopada pela camada *Adaptation Function*, que por sua vez é envelopada pela camada *Ethernet Services Layer*.

As funções correspondentes a cada uma das camadas da arquitetura funcional podem ser verificadas na própria Figura 7.12.

#### 7.2.7.4-Terminologia para Direcionamento

Para cada direção de um circuito emulado existe um par de IWFs, que são a *TDM-bound IWF* e a *CEN-bound IWF*, conforme representação na Figura 7.13.

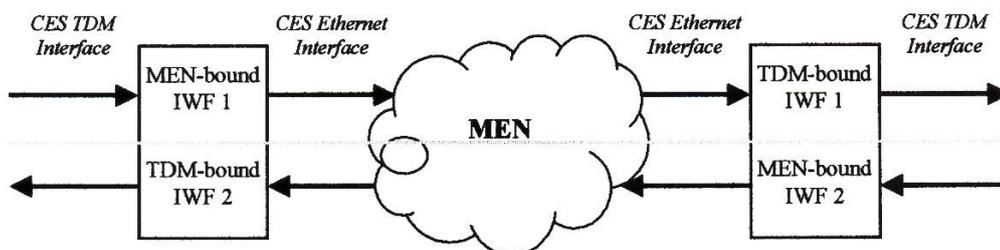


Figura 7.13 - Direcionamento de IWFs (MEF 8, Figura 6-2).

A *CEN-bound IWF* realiza o encapsulamento do *TDM payload*, e insere a Palavra de Controle do CESoETH e o cabeçalho do RTP opcional.

A *TDM-bound IWF*, identificada pelo valor do ICID inserido pela função ECDX do outro lado do circuito, extrai o *TDM payload* e o envia para a respectiva Interface TDM do CES.



- *R (Remote Loss of Frame Indication) bit*: quando setado para 1 pela *CEN-bound IWF*, indica, na direção oposta, que a *TDM-bound IWF* local não está recebendo quadros da rede Carrier Ethernet, entrando assim no estado LOFS (*Loss of Frame State*);
- *M (Modifer) bits*: são utilizados pela *CEN-bound IWF* para suplementar o significado do *L bit*;
- *FRG (Fragmentation) bits*: são utilizados para a fragmentação de estruturas de multiframe em múltiplos quadros CESoETH, possibilitando a remontagem na recepção;
- *LEN (Length)*: indica o comprimento do *TDM payload* somado ao comprimento da Palavra de Controle e ao comprimento do cabeçalho do RTP (se existir). Quando esse comprimento total excede 42 octetos, o valor do subcampo *Length* deve ser zerado, o que indica a inexistência de *padding*;
- *SN (Sequence Number)*: indica o número sequencial de cada quadro enviado, sendo usado primariamente pela *IWF* receptora do quadro para detectar perda de quadros e para restabelecer a sequência de quadros.

- **Cabeçalho do RTP (Opcional)**

Onde apropriado, *timing* e sequenciamento podem ser providos mediante a utilização do RTP (*Real-Time Transport Protocol*), definido pela RFC 3550. Essa utilização é opcional, e o caso default é o de não utilização do RTP.

Os leitores interessados em maiores detalhes devem consultar a RFC 3550 e o padrão MEF 8.

#### 7.2.7.6-Formatos do TDM Payload

O padrão MEF 8 admite quatro tipos de formato do *TDM payload*:

- Emulação *structure-agnostic*;
- Payload alinhado a octeto (*octet-aligned payload*) para emulação *structure-agnostic* de circuitos DS1;
- Emulação *structure-aware* usando encapsulamento *structure-locked*;
- Emulação *structure-aware* usando encapsulamento *structure-indicated*.

Emulação *structure-agnostic* é o formato adotado para o transporte de *TDM payloads* não estruturados, ou de *TDM payloads* estruturados quando a estrutura é completamente desconsiderada pelo mecanismo de transporte. Esse tipo de emulação mantém a precisa sequência de bits do *TDM payload* e de qualquer estrutura de overhead que possa estar presente.

Emulação *structure-aware* é o formato adotado para o transporte de *TDM payloads* estruturados levando em consideração pelo menos algum nível de

estrutura utilizada. Ela não necessita transportar todos os bits do *TDM bit-stream* através da rede Carrier Ethernet.

Uma CES IWF deve suportar obrigatoriamente a emulação *structure-agnostic*, enquanto o uso da emulação *structure-aware* é opcional.

A emulação *structure-agnostic* de circuitos DS1, por se tratar da arquitetura SONET americana, não será considerada neste subitem.

O padrão MEF 8 define uma forma de emulação *structure-aware* utilizando encapsulamento *structure-locked*, conforme descrição na recomendação ITU-T Y.1413, sub-cláusula 9.2.1.

Define também uma forma de emulação *structure-aware* utilizando encapsulamento *structure-indicated*, conforme descrição na Recomendação ITU.T Y.1413, sub-cláusula 9.2.2.

#### 7.2.7.7-Sincronização

Um dos requisitos fundamentais da emulação fim a fim de um circuito TDM é a preservação do sinal de relógio do serviço com um nível de desempenho especificado nos *Implementations Agreements* relevantes.

Sincronização é um importante aspecto a ser considerado em qualquer esquema de emulação de circuitos. Isso significa em CESoETH, em suma, que o sinal de relógio utilizado para manipular informações na *TDM-bound IWF*(saída) deve apresentar a mesma frequência que o sinal de relógio utilizado na entrada de dados na *CEN-bound IWF*.

O padrão MEF 3 define quatro domínios de sincronização:

- Domínio de sincronização usado pelos elementos de rede Ethernet na nuvem Carrier Ethernet;
- Domínio de sincronização usado pela CES IWF;
- Domínio de sincronização usado pela função TSP;
- Domínio de sincronização usado pelos equipamentos CES para estabelecer o sinal de relógio do serviço TDM.

O padrão MEF 8 define quatro opções básicas para a obtenção do sinal de relógio para a *TDM-bound IWF*:

- Uso do sinal de relógio da linha TDM de entrada (*TDM Line Timing*);
- Uso de um sinal de relógio de uma fonte de referência externa (*External Timing*);
- Uso de um oscilador interno independente do TSP/IWF (*Free Run Timing*);
- Recuperação do sinal de relógio da própria interface Ethernet (*Ethernet Line Timing*).

Essa última opção engloba todos os métodos nos quais o sinal de relógio é extraído da Ethernet, inclusive os seguintes casos:

- Método *Adaptative Timing*, quando o sinal de relógio é recuperado das informações dos quadros do CESoETH e do tempo de chegada desses quadros;
- Método *Differential Timing*, onde o sinal de relógio é recuperado de uma combinação das informações contidas nos quadros CESoETH e do conhecimento de um sinal de um relógio de referência comum à *CEN-bound IWF* e à *TDM-bound IWF*.

A Figura 7.15 apresenta as quatro opções básicas de obtenção do sinal de relógio para a *TDM-bound IWF*.

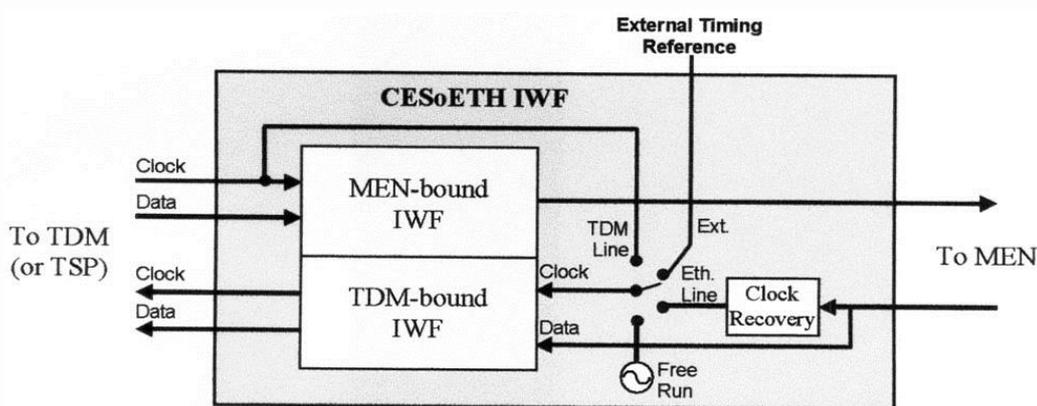


Figura 7.15- Opções básicas existentes de sincronização para a TDM-bound IWF(MEF 8, Figura 6-7).

O padrão MEF 3 acrescenta um quinto método de *timing* a ser utilizado como referência para recuperação da frequência de relógio. Esse método é referido como método *Holdover*.

O método *Holdover* é usualmente considerado um método de proteção (backup). Ele pode ser iniciado quando ocorre perda de referência do sinal no método *Line Timing*, ou no método *External Timing*, devido a uma falha. Ele difere do método *Free Run Timing* pelo fato de que o oscilador interno do TSP/IWF não é independente, pois depende de ajustamentos realizados por uma referência externa de *Timing*.

### 7.3 – BACKHAUL MÓVEL FASE 3

O padrão MEF 22.3 (*Implementation Agreement-Transport Services for Mobile Networks*) identifica os requisitos para os serviços Carrier Ethernet, e as respectivas interfaces externas, para uso em redes *Backhaul* Móveis. Além disso, foram especificadas, nesse padrão, novas interfaces e novos atributos de serviço necessários aos serviços prestados por essas redes.

Os serviços *Backhaul* Móveis são baseados nos serviços definidos nos padrões MEF 6.2, MEF 33 e MEF 51. Os correspondentes atributos de serviço têm como base os padrões MEF 10.3, MEF 22.3 e MEF 26.2.

O objetivo é oferecer a flexibilidade necessária para o suporte a uma ampla gama de serviços móveis sobre Carrier Ethernet.

O termo *Backhaul* Móvel engloba variados tipos de rede e de tecnologias de rede terrestres, incluindo o transporte entre partes das RANs (*Radio Access Networks*) e das redes *Core*.

As redes *Backhaul* Móveis têm sido tradicionalmente implantadas usando tecnologias TDM e ATM. Serviços Ethernet estão se tornando progressivamente disponíveis, mesmo em sites de serviços legados.

Dessa forma, um operador de redes móveis (Operador Móvel) pode escolher, dentre as diversas opções, qual a tecnologia a ser utilizada no *backhaul*. Esse cenário cria a oportunidade para a utilização de serviços Carrier Ethernet, uma vez que tais serviços podem ser suportados sobre qualquer tipo de Camada TRAN.

O padrão MEF 22.3 utiliza o termo *Backhaul* Móvel (MBH) para a rede entre sites de Estações de Radio Base (ERBs) e os sites de Controladores de Rede (NC), para todas as gerações de tecnologias de redes móveis.

Um operador de redes móveis pode utilizar serviços MEF para apenas algumas seções da rede *Backhaul* Móvel, e utilizar serviços não MEF para outras seções dessa rede.

O padrão MEF 22.3 utiliza o termo *Midhaul* Móvel para uma variante do *Backhaul* Móvel, variante essa referente à rede entre sites de ERBs (especialmente com pequenas células).

Utiliza também o termo *Fronthaul* Móvel para se referir à rede entre um site de ERB e um site de Rádio Remoto.

Na Figura 7.16 encontram-se representados os significados de *Midhaul* Móvel e de *Fronthaul* Móvel, além do significado de *Backhaul* Móvel.

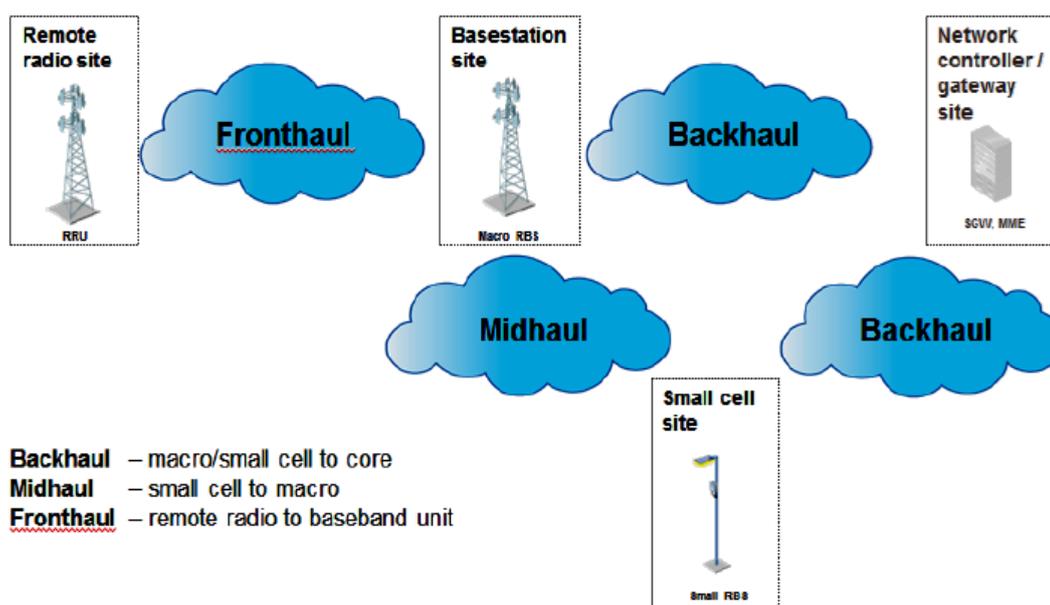


Figura 7.16 – Backhaul Móvel, Midhaul e Fronthaul (MEF 22.3. Figura 1).

### 7.3.1 – Topologias de Redes Móveis

Este subitem apresenta uma noção geral de tecnologias de Redes Móveis, enfatizando as topologias por elas utilizadas.

#### 7.3.1.1 – Macro Células / Redes Homogêneas

Em algumas tecnologias de redes móveis, tais como GSM (*Global System for Mobile Communication*), WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) e CDMA (*Code Division Multiple Access*), as funções de controle de rádio são centralizadas no Controlador de Rede (NC). O tráfego de plano de dados e do plano de controle é enviado diretamente entre as Estações Rádio Base (ERBs) e o NC.

A Figura 7.17 apresenta um exemplo de conectividade centralizada para GSM, à esquerda, e para WCDMA, à direita.

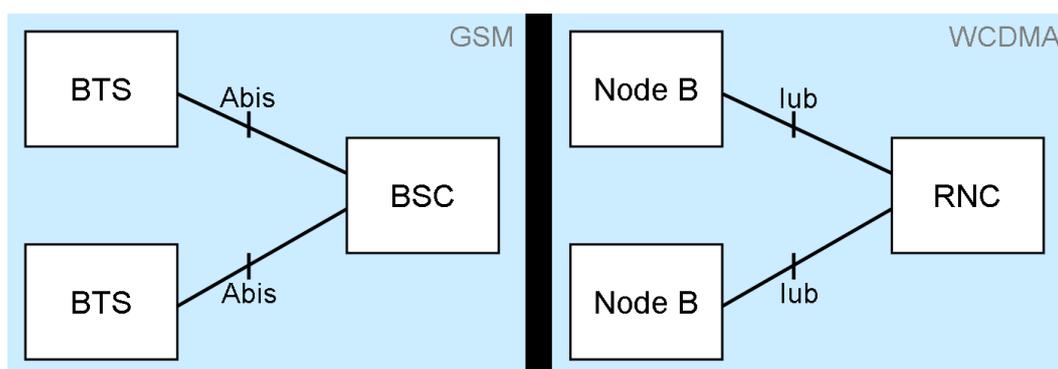


Figura 7.17 – Centralização de funções de controle de rádio (MEF 22.3, Figura 2).

Como se observa nessa figura, em GSM as ERBs são referidas como BTSs (*Base Transceiver Stations*) e o NC é referido como BSC (*Base Station Controller*). Em WCDMA, as ERBs são referidas como *Nodes B* e o NC é referido como RNC (*Radio Network Controller*). Redes CDMA são construídas de maneira simular às redes WCDMA.

A evolução das tecnologias móveis possibilitou a utilização de tecnologias com topologias descentralizadas para funções de controle de rádio, transferindo certas funções do Controlador de Rede para as ERBs. Essa descentralização envolve novas funcionalidades, o que leva a alterações das denominações dos componentes do *backhaul*.

São exemplos a tecnologia LTE (*Long Term Evolution*) e a tecnologia WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*).

A Figura 7.18 apresenta um exemplo de topologia para LTE com descentralização de funções do controle de rádio.

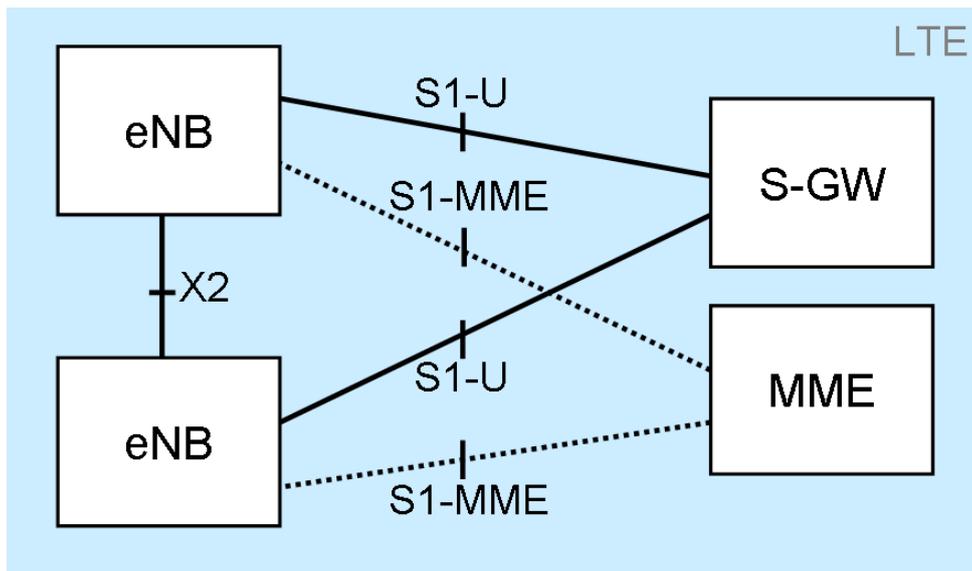


Figura 7.18 – Descentralização de funções de controle de rádio em LTE (MEF 22.3, Figura 3).

Como se verifica nessa figura, em LTE as ERBs são denominadas *Evolved Nodes B* (eNBs). O Controlador de Rede divide-se em duas funções, que são o S-GW (*Serving Gateway*) e a MME (*Mobility Management Entity*).

Utiliza-se em LTE a interface lógica X2 entre eNBs, o que não existe em GSM ou em WCDMA. A interface X2 é utilizada para permitir o *handover* direto entre eNBs.

O S-GW é a terminação do tráfego do plano de dados, enquanto a MME é a terminação do tráfego do plano de controle ou do plano de sinalização. Ambos os tráfegos utilizam a interface S1 (S1 – U para o S-GW e S1- MME para a MME).

A partir do *Release 5* do 3GPP (*Third Generation Partnership Project*), o tráfego LTE passou a ser transportado por IP. A versão atual é o *Release 8*.

No modelo de referência de redes *WiMax* as ERBs são referidas simplesmente como BS (*Base Stations*), enquanto o NC é referido como ASN GW (*Access Service Network Gateway*), como mostra a Figura 7.19, onde fica evidenciada a descentralização de funções de controle de rádio.

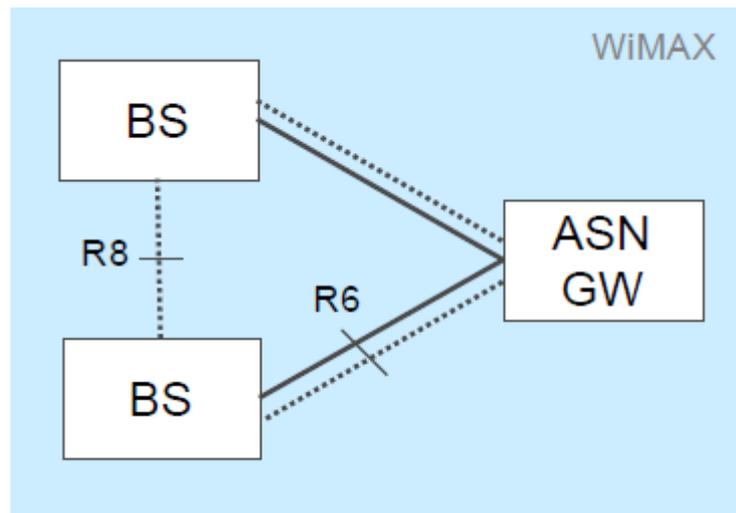


Figura 7.19 – Descentralização de funções de controle de rádio em WiMAX (MEF 22.3, Fig. 4).

A rede dessa figura é referida como ASN ( *Access Service Network*). A ASN é composta por um ou mais ASN-GWs, um grande número de BSs e equipamentos de roteamento / comutação padronizados interconectando-os. O ASN-GW é um controlador centralizado para todas as BSs, provendo controle de mobilidade para essas estações.

A ASN é controlada pelo NAP ( *Network Access Provider*). A ASN é conectada a múltiplas funções Core na CSN ( *Connectivity Service Network*), a qual provê conectividade para a Internet ou para um ASP ( *Application Service Provider*). A CSN é controlada por um NSP ( *Network Service Provider*).

A interface R8 é um ponto de referência padronizado entre BSs em uma ASN, que atua como um canal de controle na troca de informações entre essas estações. A interface R6 é um ponto de referência padronizado que representa o *backhaul* entre uma BS e um ASN-GW.

### 7.3.1.2 – Células Pequenas / Redes Heterogêneas

O *Small Cell Forum* define uma Célula Pequena ( *Small Cell*) como uma concepção abrangente para nós de acesso de rádio com baixa potência, sob a coordenação de um Operador Móvel.

Células Pequenas possuem um alcance de 10 metros a diversas centenas de metros. Macro Células podem alcançar até diversas dezenas de quilômetros.

De acordo com o tipo de arquitetura utilizada, existem os seguintes tipos de Células Pequenas:

- Células *Femto*: utiliza interfaces *Femto* via um *backhaul* não confiável conectado a um *Security Gateway* e a um *Femto Gateway*. Não é possível a utilização da interface X2 entre uma Macro Célula e uma Célula *Femto*;

- Células Pico/Micro: utilizam eNBs ou *NodeBs* (NBs), que funcionam exatamente como macro EBs ou NBs, porém com menores dimensões e potências mais reduzidas.

Os serviços MEF baseados no padrão MEF 22.3 são focalizados em Células Pico/Micro, embora admitam a possibilidade de serviços MEF utilizando Células *Femto*.

O termo redes heterogêneas refere-se às redes sem fio utilizando conjuntamente diferentes tipos de estação base (ou seja, macro, micro ou pico) para obter a cobertura e a capacidade demandadas pelos usuários finais.

### 7.3.2-Modelo para Serviços no Backhaul Móvel (MBH)

Um serviço *Backhaul Móvel* (MBH) ocorre entre demarcações que separam o domínio de um provedor de serviço (SP), ou de um operador de CEN, do domínio de um operador de serviços móveis.

Nesse modelo, RAN CE (RAN *Customer Edge*) é um termo genérico para representar tanto um nó ou site de controle, tal como um NC (RAN NC) ou uma RAN BS. Um RAN NC ou uma RAN BS pode representar uma simples unidade ou pode ser uma composição de unidades da mesma tecnologia ou de diferentes tecnologias. Uma RAN BS pode conter, por exemplo, duas ERBs, sendo uma GSM e a outra WCDMA.

Um Operador Móvel pode utilizar demarcações TDM para interconexão de RAN CEs por CESoETH. Pode, alternativamente, interconectar também RAN CEs pela utilização de interfaces Ethernet que suportam diretamente serviços MEF 6.2.

O padrão MEF 22.3 apresenta quatro casos de possíveis cenários para a implementação do Modelo para Serviços *Backhaul Móvel*:

— Cenários 1 - RAN CE com demarcação TDM:

- Cenário 1a: Parte do tráfego utilizando separadamente o CES na CEN;
- Cenário 1b: Todo o tráfego utilizando o CES na CEN;

— Cenários 2 - RAN CE com demarcação Ethernet:

- Cenário 2a: Parte do tráfego utilizando separadamente os serviços MEF 6.2 na CEN;
- Cenário 2b: Todo o tráfego utilizando os serviços MEF 6.2 na CEN;

#### 7.3.2.1 – Cenários 1 (1a e 1b)

Os cenários 1a e 1b são exemplos de configurações onde a RAN BS e o RAN NC não podem ser diretamente conectados a uma UNI Ethernet definida pelo MEF, por possuírem interfaces de serviço não Ethernet, tais como interfaces ATM ou TDM.

A Figura 7.20 apresenta o cenário **1a**, onde o tráfego é distribuído entre uma rede legada e CESoETH.

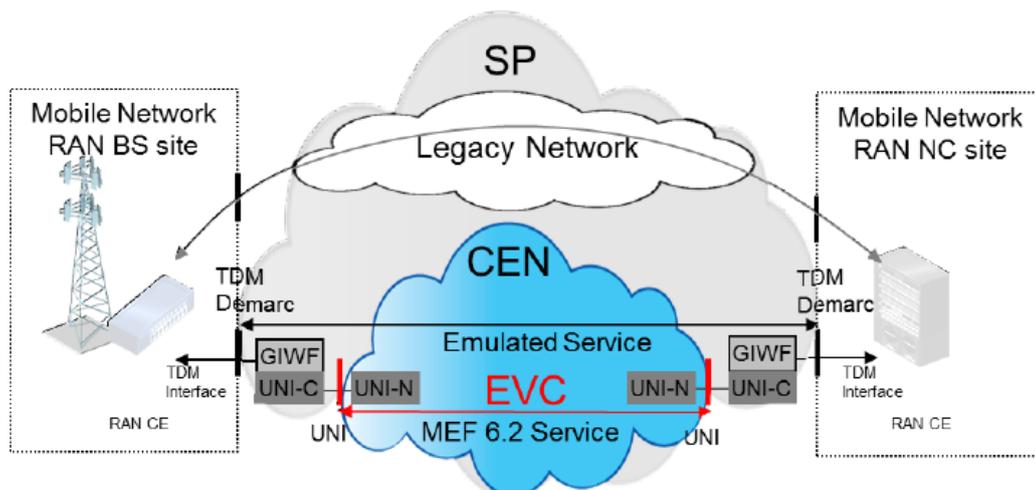


Figura 7.20 – Cenário 1a: tráfego distribuído entre uma rede legada e CESoETH (MEF 22.3, Figura 11).

Observa-se, nessa figura, a distribuição do tráfego no *Backhaul Móvel* entre dois serviços paralelos. Parte do tráfego é transportado utilizando CES na rede Carrier Ethernet, enquanto o tráfego restante utiliza a rede legada.

No cenário **1b** a rede legada não é utilizada, sendo todo o tráfego transmitido via CES na rede Carrier Ethernet.

A Figura 7.21 exibe uma configuração ilustrativa do cenário **1b**.

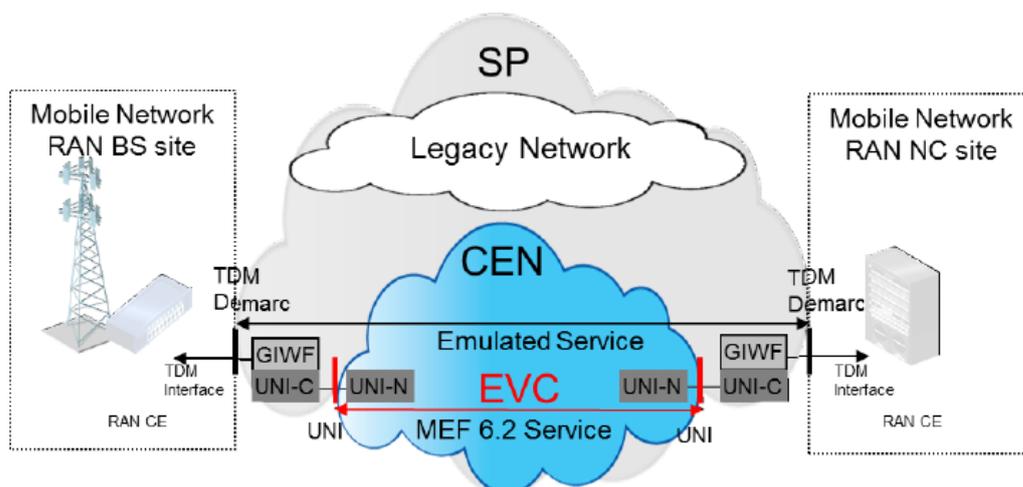


Figura 7.21 – Cenário 1b: todo o tráfego via CESoETH (MEF 22.3, Figura 12).

Registra-se que os cenários **1a** e **1b** utilizam a função GIWF (*Generic Inter – Working Function*) nas UNIs–C da rede Carrier Ethernet.

A GIWF prove a funcionalidade que possibilita que dispositivos RAN CE (ou seja, RAN BS ou RAN NC) com interfaces não-Ethernet possam enviar tráfego por uma UNI Ethernet.

### 7.3.2.2 – Cenários 2 (2a e 2b)

Os Cenários 2 (2a e 2b) utilizam equipamentos RAN CE com demarcação Ethernet, ou seja, equipamentos que podem ser diretamente conectados à rede *Carrier Ethernet* através de uma UNI-C no padrão MEF, o que elimina a necessidade de uso de uma GIWF.

A Figura 7.22 apresenta uma configuração ilustrativa do cenário 2a.

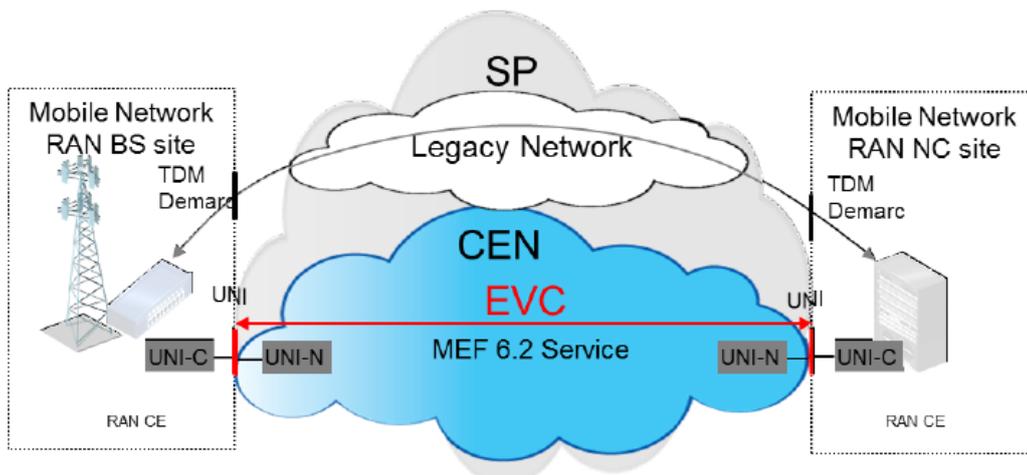


Figura 7.22 – Cenário 2a: Tráfego distribuído entre uma rede legada e o serviço MEF 6.2 (MEF 22.3, Figura 13).

Como se observa nessa figura, no cenário 2a, assim como no cenário 1a, uma rede legada é utilizada para o balanceamento do tráfego entre as duas terminações.

Deve ser considerado que nos cenários 1a e 2a, a sincronização de frequências é tipicamente obtida da camada física TDM. Isso significa que, nesses cenários, não é necessária a utilização de Ethernet Síncrona ou de métodos baseados em pacotes para obter a sincronização.

No cenário 2b, assim como no cenário 1b, não ocorre a utilização de rede legada. Todo o tráfego é transportado via rede Carrier Ethernet.

A Figura 7.23 apresenta uma configuração do cenário 2b em que são utilizados diferentes tipos de EVC.

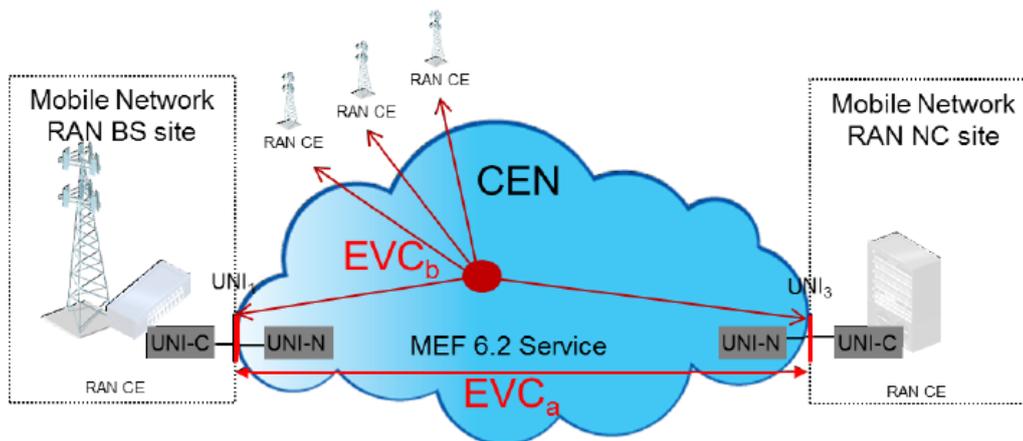


Figura 7.23 – Cenário 2b: uso de diferentes tipos de EVC (MEF 22.3, Fig.15).

Tanto EVCs ponto a ponto (EVCa, na figura) quanto EVCs multiponto (EVCb, na figura) podem ser utilizadas para suportar as interfaces lógicas para o plano de dados e para o plano de sinalização entre RAN CEs.

### 7.3.3 -Aplicação das Definições de Serviços MEF ao Backhaul Móvel

Este subitem especifica os serviços Ethernet no *Backhaul* Móvel, com base no padrão MEF 22.3.

Além dos serviços definidos no padrão MEF 6.2, que utilizam os atributos de serviço especificados no padrão MEF 10.3, o padrão MEF 22.3 fundamenta-se também em requisitos e atributos de serviços definidos no próprio padrão MEF 22.3.

Podem ser utilizados os diferentes tipos de serviços Carrier Ethernet no *Backhaul* Móvel, sejam serviços privativos ou serviços privativos virtuais.

A escalabilidade proporcionada pela possibilidade de alcançar várias UNIs em sites RAN BS a partir de uma mesma interface UNI em um site RAN NC, favorece a utilização de serviços baseados em VLAN (EVPL, EVP-LAN e EVP-Tree), ou seja, de serviços privativos virtuais.

Além disso, tais serviços possibilitam também a definição de Perfis de Vazão de Tráfego sob medida para as necessidades de cada RAN BS.

São apresentadas, a seguir, ilustrações de uso dos serviços Carrier Ethernet no *Backhaul* Móvel.

#### 7.3.3.1 – Serviço EPL

O serviço EPL, que é um serviço *port-based* (serviço privativo) com exatamente duas UNIs nos extremos de uma EVC, é o serviço indicado para configurações em que se deseja uma correspondência 1:1 entre um RAN NC e uma RAN BS, ou entre duas RAN BSs.

A Figura 7.24 apresenta uma configuração de uso do EPL no *Backhaul* Móvel em uma CEN.

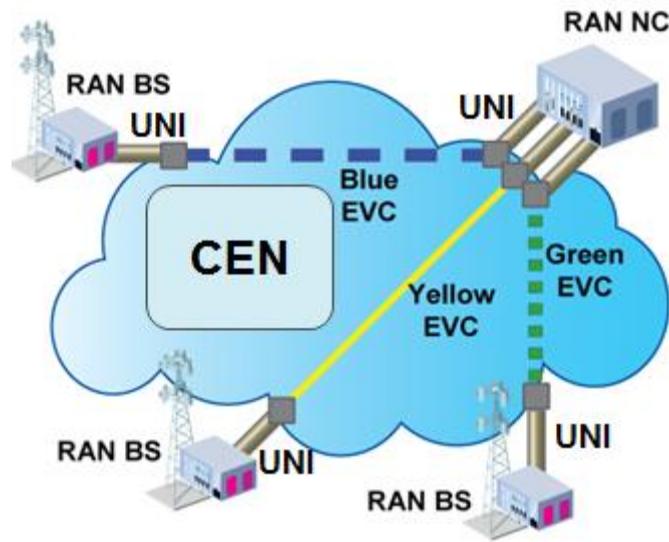


Figura 7.24 – Serviço EPL no Backhaul Móvel em uma CEN (MEF 22.3, Figura 16).

Nessa figura, é importante observar o uso de três diferentes UNIs no site do RAN NC, o que caracteriza o uso de três EPLs nesse site.

Na Figura 7.25, a rede *Backhaul* Móvel é composta por duas CENs, sendo uma do provedor de serviço e a outra de acesso (*E-Access*) obtida de um provedor de primeira milha para isso contratado pelo provedor de serviço.

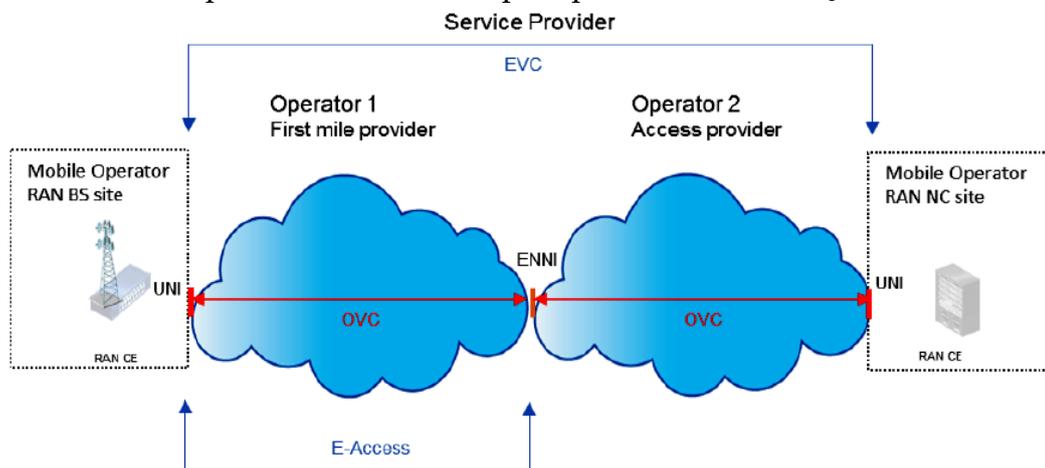


Figura 7.25 – Serviço E-Access no Backhaul Móvel (MEF 22.3, Figura 27).

O serviço EPL pode ser utilizado em duas CENs, um EPL em cada uma delas, para estender o atendimento de um RAN NC em um *Backhaul* Móvel a uma RAN BS em uma Célula Pequena, mediante o uso de uma rede *Midhaul* Móvel, como mostra a Figura 7.26.

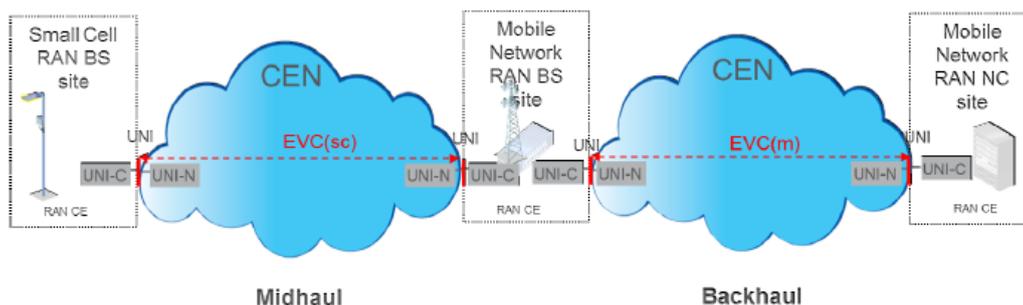


Figura 7.26 – Extensão do Backhaul Móvel para uma Célula Pequena (MEF 22.3, Figura 23).

Uma outra possível configuração do serviço EPL no *Backhaul* Móvel ocorre quando se utiliza um serviço não-MEF como parte da rede, como mostra a Figura 7.27.

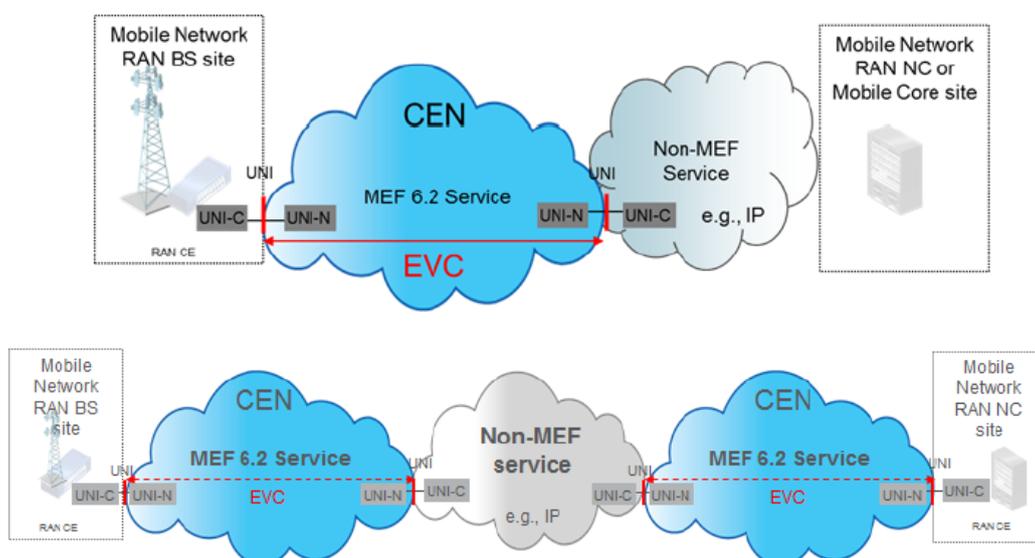


Figura 7.27 – Backhaul Móvel com uso híbrido de uma CEN e uma rede não-CEN (MEF 22.3, Figura 22).

Como se observa nessa figura, a rede não-CEN pode se situar no extremo do *backhaul* ou entre duas CENs. Verifica-se que não são utilizadas ENNIs na interconexão de redes não-CEN com as CENs em ambas as hipóteses da figura.

### 7.3.3.2 – Serviço EVPL

O serviço EVPL é um serviço *VLAN-based* (serviço privativo virtual) que conecta exatamente duas UNIs em cada EVC (o que constitui cada EVPL). O EVPL pode ser utilizado no *Backhaul* Móvel para o acesso a múltiplos RAN BS sites, com Multiplexação de Serviços na UNI associada ao RAN NC.

A Figura 7.28 ilustra o uso do serviço EVPL no *Backhaul* Móvel.

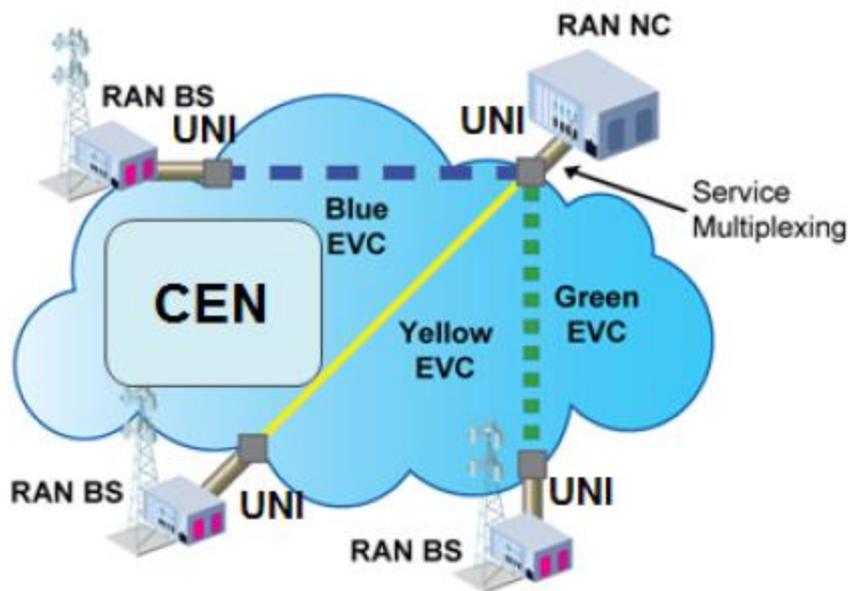


Figura 7.28– EVPL no Backhaul Móvel (MEF 22.3, Figura 17).

Nessa configuração, é possível o atendimento teórico de até 4094 RAN BSs associadas a um único RAN NC.

### 7.3.3.3 – Serviço EP-LAN e EVP-LAN

Podem ser utilizados os serviços EP-LAN e EVP-LAN no *Backhaul* Móvel.

Ressalva-se, contudo, que o serviço EP-LAN, por ser um serviço privativo, transporta a totalidade de VLANs em uma única EVC de maneira transparente (ou seja, opera com Agrupamento todos em um).

O serviço EVP-LAN, por outro lado, por se tratar de um serviço privativo virtual, suporta qualquer número de EVCs, podendo utilizar Agrupamento ou Multiplexação de Serviços.

A Figura 7.29 apresenta o uso de serviço EVP-LAN no *Backhaul* Móvel.

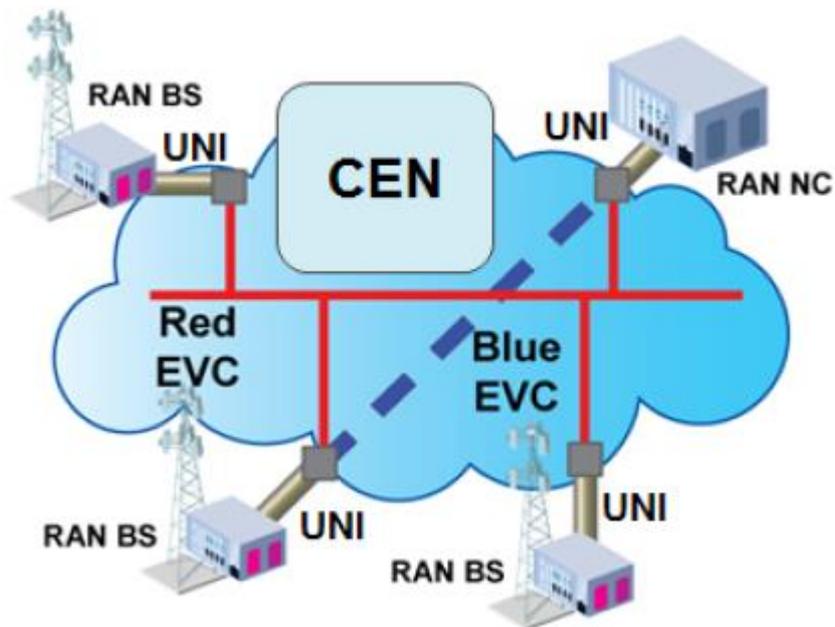


Figura 7.29 – EVP-LAN no Backhaul Móvel (MEF 22.3, Figura 19).

Como se observa nessa figura, a UNI associada ao RAN NC suporta, em conjunto com o serviço EVP-LAN, também um serviço EVPL conectando o RAN NC a uma das RAN BSs. Isso significa que na referida UNI ocorre Multiplexação de Serviços.

#### 7.3.3.4 – Serviços EP-Tree e EVP-Tree

Os serviços EP-Tree e EVP-Tree podem ser utilizados no *Backhaul* Móvel em substituição ao serviço EVPL com vantagens, ressalvadas as características desses dois tipos de serviço.

O EP-Tree aplica-se quando se deseja a transparência de VLAN IDs em uma única EVC, com a vantagem sobre o VPLS de possibilitar o uso de múltiplos RAN NCs (ou seja, de múltiplas UNIs Raiz).

O EVP-Tree apresenta também a vantagem de suportar múltiplos RAN NCs, oferecendo também a possibilidade de suporte a múltiplas EVCs com ou sem Agrupamento de VLAN IDs nessas EVCs como no serviço EVPL.

Também da mesma forma que o EVPL, o EVP-Tree possibilita a ocorrência de Multiplexação de Serviços, habilitando uso do serviço juntamente com outros serviços na UNI de concentração.

A Figura 7.30 apresenta uma configuração de uso do serviço EVP-Tree no *Backhaul* Móvel.

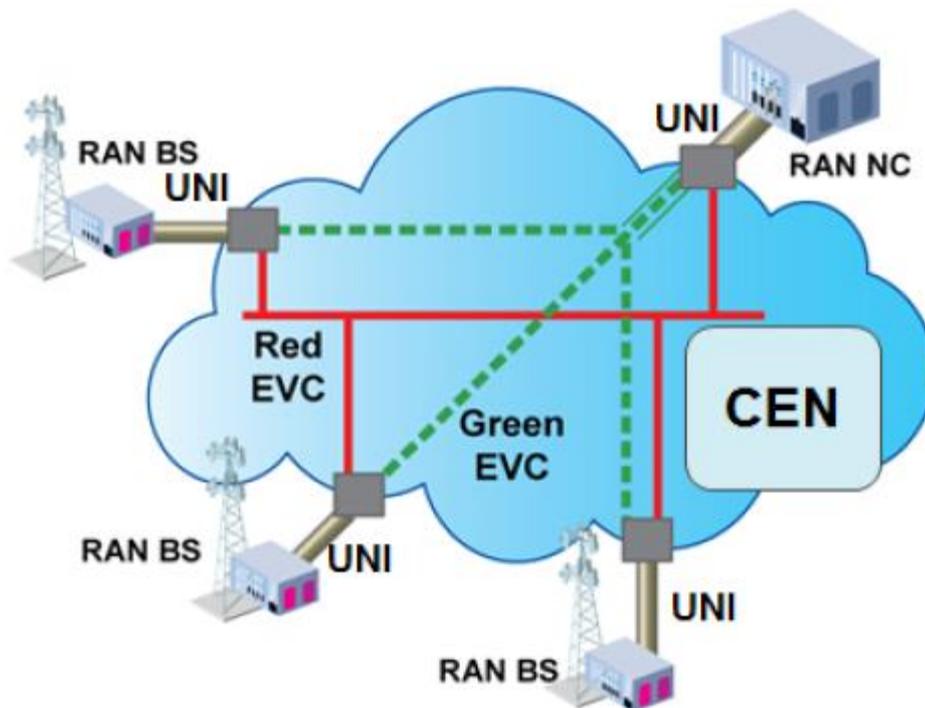


Figura 7.30 – EVP-Tree no Backhaul Móvel (MEF 22.3, Figura 21).

Como se verifica nessa figura, ocorre Multiplexação de Serviços na UNI associada ao RAN NC. No caso, o serviço EVP-Tree está multiplexado com um serviço EVP-LAN, sendo que ambos atendem a totalidade de RAN BSs.

#### 7.3.4- OAM Ethernet

O padrão MEF 22.3 utiliza o termo OAM Ethernet para referir-se tanto a OAM de Link (padrão MEF 20) quanto a OAM de serviço (padrão MEF 17) que é também referido como SOAM. As funções suportadas por OAM Ethernet prestam-se ao gerenciamento de falhas, gerenciamento de conectividade e monitoração de desempenho do serviço *Backhaul* Móvel e das UNIs.

OAM de Link e SOAM são mecanismos com recursos similares de gerência de falhas, porém operando em diferentes camadas de rede. OAM de Link monitora a camada TRAN entre a UNI-C e a UNI-N. SOAM, por sua vez, monitora a camada ETH, e pode englobar um link ou uma sequência de links Ethernet. SOAM pode ser também configurado para monitorar o link entre a UNI-C e a UNI-N.

O modelo de referência de FM (*Fault Management*) e de PM (*Performance Monitoring*) em SOAM pode ser aplicado a redes *Backhaul* Móveis. Tal modelo aplica-se a qualquer tipo de EVC na CEN de suporte ao *backhaul*, ou seja, entre RAN BS e RAN NC, em configuração ponto a ponto ou multiponto. Aplica-se também a EVCs unindo *sites* RAN BS entre si ou unindo *sites* RAN NC entre si.

SOAM é utilizado em diferentes componentes de serviço (UNIs e EVCs, por exemplo) pelo Operador Móvel, assim como pelo operador de CEN. As funções de FM e PM podem ser desempenhadas separadamente em cada subconjunto de pares ordenados de UNIs. Os três MEGs (*Maintenance Entity Groups*) aos quais os requisitos de FM e de PM podem ser aplicados em redes *Backhaul* Móveis, são os seguintes:

- MEG de UNI (entre UNI-C e UNI-N);
- MEG de EVC (entre UNI-Ns pares);
- MEG de usuário (entre UNI-Cs pares).

A Figura 7.31 apresenta o Modelo de Referência para FM e PM no cenário 2b representado na Figura 7.23 anterior, como exemplo.

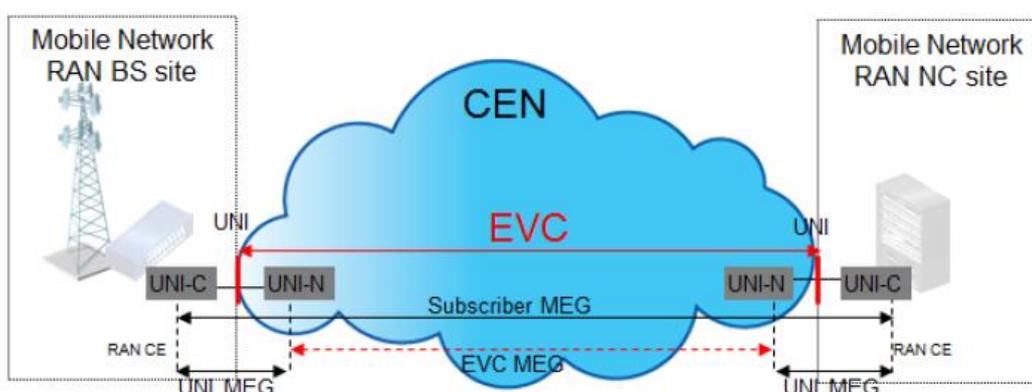


Figura 7.31 – Modelo de Referência para FM e PM no Cenário 2b (MEF 22.3, Figura 28).

Esse exemplo mostra uma EVC ponto a ponto entre um site RAN BS e um site RAN NC, que representa o Modelo de Referência para FM e PM no cenário 2b para serviços no *Backhaul* Móvel.

Observa-se na Figura 7.31 a localização do MEG de UNI, do MEG de EVC e do MEG de Usuário.

Registra-se que esse modelo é também aplicável para outros tipos de EVC, assim como para EVCs exclusivamente entre sites RAN BS ou para EVCs exclusivamente entre sites RAN NC.

Para o melhor entendimento deste subitem, o leitor deve reportar-se ao Capítulo 9 deste livro, referente a OAM em Carrier Ethernet.

### 7.3.5-Atributos de Desempenho Relativos a Resiliência

Os atributos de desempenho relativos a resiliência possibilitam a um operador de CEN oferecer serviços MEF que se mostram resilientes em presença de falhas, nos limites de duração de interrupções de curta duração, que afetam UNIs e EVCs.

### 7.3.5.1-Disrupções de Curta Duração

Os atributos de Desempenho de Resiliência definidos no padrão MEF 10.3 são os seguintes:

- Intervalo de Alta Perda (*High Loss Interval* – HLI);
- HLI Consecutivo (*Consecutive HLI* – CHLI);
- Disponibilidade para um dado *CoS Name*.

Conforme o padrão MEF 10.3, Desempenho de Resiliência é o número de HLIs e/ou de CHLIs em um período T.

Um HLI é um pequeno intervalo de tempo contido no período T com uma elevada taxa de perda de quadros. Quando ocorre um número suficiente de HLIs adjacentes, o intervalo é referido como um CHLI.

A Figura 7.32 apresenta a hierarquia dos atributos de Desempenho de Resiliência (HLIs e CHLIs).

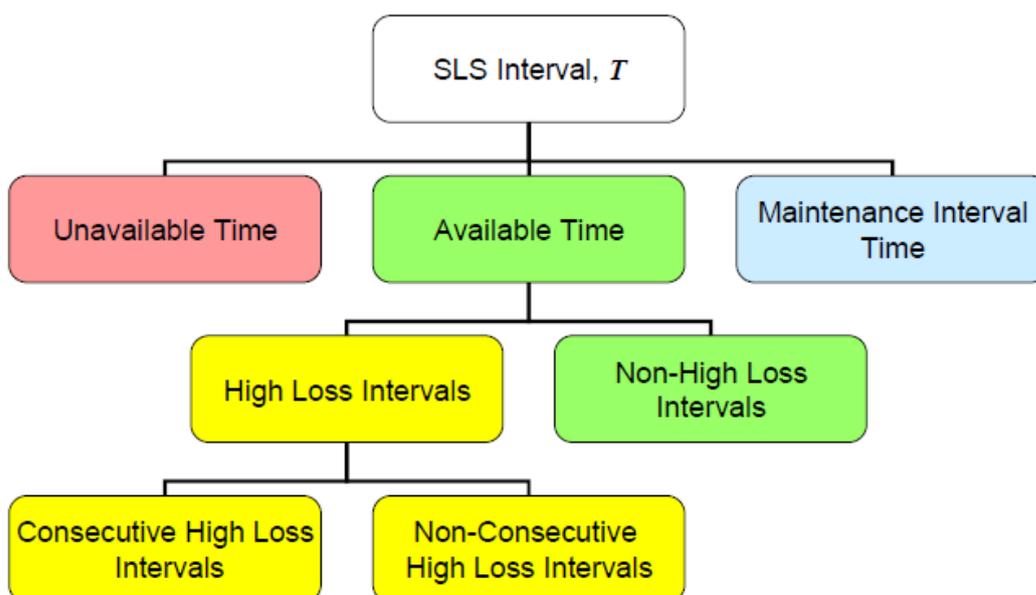


Figura 7.32 – Hierarquia dos atributos de Desempenho de Resiliência (MEF 10.3, Figura 14).

Os valores de HLI e CHLI podem revestir-se de grande importância para os operadores de redes móveis, uma vez que uma interrupção de curta duração na CEN pode dar origem a uma interrupção de muito maior duração no serviço da rede móvel (por exemplo, a perda da sinalização e a perda do controle requeridas podem causar uma reinicialização).

A NGMN (*Next Generation Mobile Networks*) Alliance identifica um Tempo de Continuidade de Serviço para a desconexão de um equipamento de usuário móvel e especifica uma faixa de 500 ms a 2 s. Como esses valores incluem os

segmentos de rádio e *backhaul*, interrupções de curta duração na CEN, caso existam, podem ter de ser ainda menores.

A duração de uma qualquer interrupção vista por um RAN CE pode ser menor que o CHLI para um dado *CoS Name* se o domínio CEN ou os RAN CEs dispuser de mecanismos para a recuperação mais rápida para tais interrupções.

O objetivo de Disponibilidade para a EVC pode ser tomado em conta pelo operador para dimensionar o número requerido de SP ECs ( *Service Provider Ethernet Connections*) associadas a uma EVC. Uma SP EC à qual está associada uma EVC representa um caminho entre as UNIs-N da EVC. Caso seja necessária uma alta Disponibilidade, por exemplo, a EVC pode ser associada a duas ou mais SP ECs para que haja diversidade de recursos.

A Figura 7.33 ilustra o caso de uma EVC associada a duas SP ECs para maior resiliência.

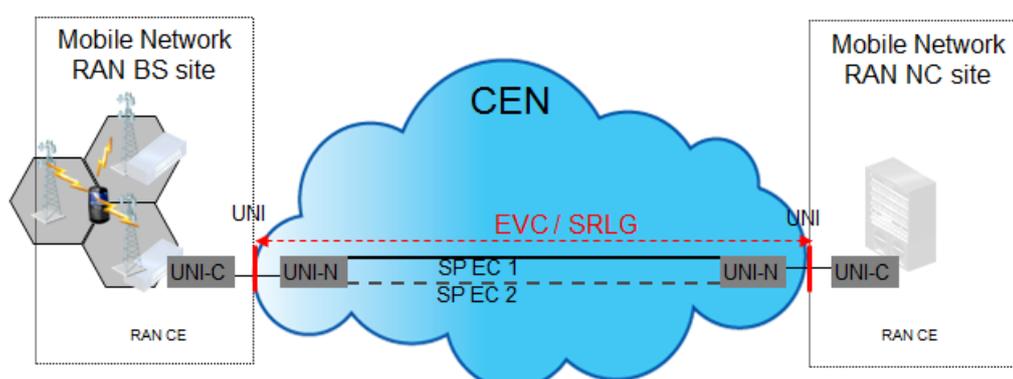


Figura 7.33 – Associação de uma EVC a duas SP ECs para maior resiliência (MEF 22.3, Figura 29).

Observa-se, nessa figura, o uso do atributo SRLG (*Shared Risk Link Group*) com o propósito de assegurar, ao máximo possível, a diversidade de links utilizados em cada um dos SP ECs.

Um SRLG é um valor atribuído a cada link da rede para evitar ao máximo possível, que circuitos virtuais que possuam uma dada sucessão de SRLGs sejam backup de um outro circuito virtual que possua essa mesma sucessão de SRLGs.

Quando um link não possui qualquer redundância de caminho com outro link, e esse link consta de um circuito virtual de serviço, ele terá que constar inevitavelmente também do circuito virtual backup desse link de serviço. É inevitável, nesse caso, a presença do SRLG desse link no circuito virtual de serviço assim como também do correspondente circuito virtual backup.

Algumas tecnologias da *TRAN Layer*, como o MPLS-TE e o MPLS-TP, incluem, em seus processos de roteamento, mecanismos para a identificação dos valores de SRLG dos links que constituem os diferentes circuitos virtuais. Isso possibilita o provisionamento, na medida do possível, de circuitos virtuais backup independentes dos circuitos virtuais de serviço a que protegem.

### 7.3.5.2-Diversidade

Um operador de CEN pode manter o desempenho do serviço para uma EVC durante falhas na CEN mediante o uso de múltiplas conexões de camada ETH ou de Camada TRAN. A probabilidade de que essas conexões não apresentem falhas simultâneas é aumentada caso as mesmas pertençam a Grupos de Risco Compartilhado (*Shared Risk Groups – SRGs*) diferentes.

O operador de CEN tem a responsabilidade de minimizar as interrupções de curta duração da EVC através do uso de mecanismos que permitam a recuperação de eventos de alta perda mediante a seleção de uma conexão em diversidade. Essa capacidade de recuperação é denominada Resiliência de CEN no contexto do padrão MEF 22.3.

Um operador de CEN pode implantar diversidade entre EVCs mediante o uso de SRGs distintos onde pelo menos uma EVC não seja afetada por um tipo específico de falha. O operador poderia, a seu critério, adotar outros mecanismos que minimizem as interrupções de curta duração para cada EVC. Este tipo de resiliência é denominado Resiliência de RAN no padrão MEF 22.3.

Outro tipo de resiliência, denominado Resiliência de Rádio no padrão MEF 22.3, baseia-se nos procedimentos de resiliência adotados pelo operador da rede móvel. O Operador Móvel pode valer-se do fato de haver mais de uma RAN BS acessível ao equipamento de usuário para mantê-lo conectado.

Embora este tipo de resiliência fuja ao escopo do padrão MEF 22.3, ele pode ser usado pelo Operador Móvel para, juntamente com a Resiliência de CEN e a Resiliência de RAN, melhorar o Desempenho de Resiliência total em sua rede.

### 7.3.6-Requisitos de UNI

O padrão MEF 22.3 especifica os requisitos de UNI referentes aos seguintes aspectos:

- Escalabilidade na UNI;
- GIWF (*Generic Inter-Working Funcion*);
- Resiliência na UNI;
- UNI PHY para serviços de sincronização:
  - UNI PHY em modo síncrono;
  - Protocolo ESMC (*Ethernet Synchronization Message Channel*) na UNI PHY;
  - Suporte ao processo QL (*Quality Level*) na UNI PHY em modo síncrono;
  - *Token Share* na UNI.

A UNI em um RAN CE deve corresponder à UNI Tipo 1.2, definida no padrão MEF 13, no suporte aos serviços E-Line e E-LAN. Se o serviço

E-Tree for suportado, então a UNI em um RAN CE deve, adicionalmente, atender os atributos de serviço aprimorados de UNI (*Enhanced UNI Attributes*) definidos no padrão MEF 20 para a UNI Tipo 2.

### 7.3.7-Atributos de Serviço de UNI

O padrão MEF 6.2 identifica os atributos de serviço para serviços de EVC, com os respectivos parâmetros e valores, aplicáveis aos serviços E-Line, E-LAN e E-Tree. Essa identificação abrange os atributos de serviço de UNI, de EVC e de EVC por UNI.

O padrão MEF 22.3 relaciona os atributos de serviço de UNI do padrão MEF 6.2, considerando as restrições adicionais para serviços *Backhaul* Móveis, quando existentes.

O leitor interessado deve consultar a Seção 11.6 do padrão MEF 22.3 quanto à aplicação dos atributos de UNI no *backhaul* Móvel, com atenção particular às Tabelas 6 e 7.

### 7.3.8-Requisitos de EVC

A Seção 12.4 do padrão MEF 22.3 especifica requisitos para atributos de serviço e métricas de desempenho para *CoS Names*, provendo, adicionalmente, uma abordagem recomendada para suportar várias classes de tráfego no serviço *Backhaul* Móvel. O Operador Móvel pode requerer diferentes métricas de desempenho para cada um dos *CoS Names*.

Cada *CoS Name* em um dado PT (*Performance Tier*), identificado por um CoS ID, pode ter uma SLS especificada para o conjunto de pares ordenados de UNIs em cada EVC.

O padrão MEF 22.3 especifica os seguintes tópicos com referência a requisitos de EVC:

- Número máximo de UNIs;
- MTU na EVC;
- Desempenho de EVC;
- Classe de serviço para *Backhaul* Móvel;
- Atributos de serviço de EVC por UNI e atributos de serviço de EVC.

Serão abordados, a seguir, alguns aspectos desses tópicos. Para uma abordagem mais completa, recomenda-se ao leitor a Seção 12.4 do padrão MEF 22.3.

O padrão MEF 22.3 define, para os serviços *Backhaul* Móveis, um cenário com quatro *CoS Names* (*CoS Labels*, a rigor), e não um cenário com três *CoS Labels* como no padrão MEF 23.2.

O padrão MEF 22.3 acrescenta o *CoS Label H\** (*Very High*) aos *CoS Labels* H, M e L do padrão MEF 23.2. O *CoS Label H\** pode possuir CPOs e parâmetro para

FDR, IFDV e A (*Availability*) mais coercitivos que aqueles apresentados pelo *CoS Label H*. Atribui-se ao *CoS Label H\** uma prioridade superior à do *CoS Label H*.

Foram especificados, dentre outros, os seguintes CPOs para o *CoS Label H\** em serviços ponto a ponto no *Backhaul Móvel*, quando se consideram as condições  $CIR > 0$  e  $EIR = 0$ :

- FD (*Frame Delay*)  $\leq 10$  ms;
- MFD (*Mean Frame Delay*)  $\leq 7$  ms;
- FLR (*Frame Loss Ratio*)  $\leq 0,01\%$ .

Observa-se que tais CPOs aplicam-se a qualquer PT. Um serviço *Backhaul Móvel* que atenda aos padrões MEF deveria utilizar o PT1 e pode utilizar o PT2 e o PT3, conforme especificação constante do padrão MEF 23.2.

### 7.3.9-Sincronização

Sincronização é um conceito genérico de distribuição do tempo comum e de referências de frequência para todos os nós em uma rede para alinhar as respectivas escalas de tempo e de frequência. O padrão MEF 22.3 utiliza o termo *timing* como forma única para se referir a tempo ou a frequência.

Sincronização é um componente chave em tecnologias móveis, e diferentes tecnologias móveis possuem diferentes requisitos para sincronização. A versão atual, representada pelo padrão MEF 22.2 (Fase 3), especifica apenas sincronização de frequência. Sincronização de tempo e de fase foram postergadas para futuras versões.

Sincronização é utilizada no suporte a aplicações móveis e a requisitos de sistema para minimizar interferência de rádio, facilitar o *handover* entre estações radio-base e para atender a requisitos regulatórios. Várias tecnologias estipulam que o sinal de rádio deve ser gerado com rigoroso grau de compatibilidade com os requisitos de frequência, fase e exatidão de tempo.

#### 7.3.9.1-Métodos Relevantes

Existem quatro tipos de métodos relevantes relacionados com a distribuição de *timing* de um PRC (*Primary Reference Clock*) para relógios escravos em um site RAN BS:

- Utilizando GPS nos sites RAN BS;
- Utilizando uma rede TDM legada com um ponto de demarcação TDM para RAN BS;
- Utilizando uma CEN com camada física *SyncE* (Ethernet Síncrona);
- Utilizando uma CEN com métodos baseados em pacotes (*packet based*) e protocolos tais como PTP (*Precision Time Protocol*) IEEE 1588 ou NTP (*Network Time Protocol*), e ACR/RTP (*Adaptive Clock Recovery / Real Time Transport Protocol*).

Serão abordados, a seguir métodos baseados em pacotes e métodos com Ethernet Síncrona.

### 7.3.9.2-Métodos Baseados em Pacotes

Uma hierarquia mestre-escravo é utilizada para métodos baseados em pacotes com PECs (*Packet Equipment Clocks*). O sinal de relógio de referência é distribuído a partir de um PRC (*Primary Reference Clock*).

Embora a sincronização por fase seja importante, a versão atual do padrão MEF 22.3 concentra sua atenção na sincronização por frequência. Para a UNI, existem dois casos principais para métodos de sincronização baseados em pacotes:

- NE da CEN com função PEC, quando a CEN provê o relógio primário (PRC) para o serviço de sincronização (caso **a**) nas seguintes condições:
  - O relógio escravo encontra-se na UNI da CEN (caso **a.1**);
  - O relógio escravo encontra-se no site RAN BS (caso **a.2**);
- NE da CEN sem função PEC, quando o Operador Móvel provê a sua própria fonte de temporização no(s) site(s) RAN NC e os relógios escravos encontram-se nas RAN BSs (caso **b**).

A Figura 7.34 ilustra os dois casos principais para métodos de sincronização baseados em pacotes.

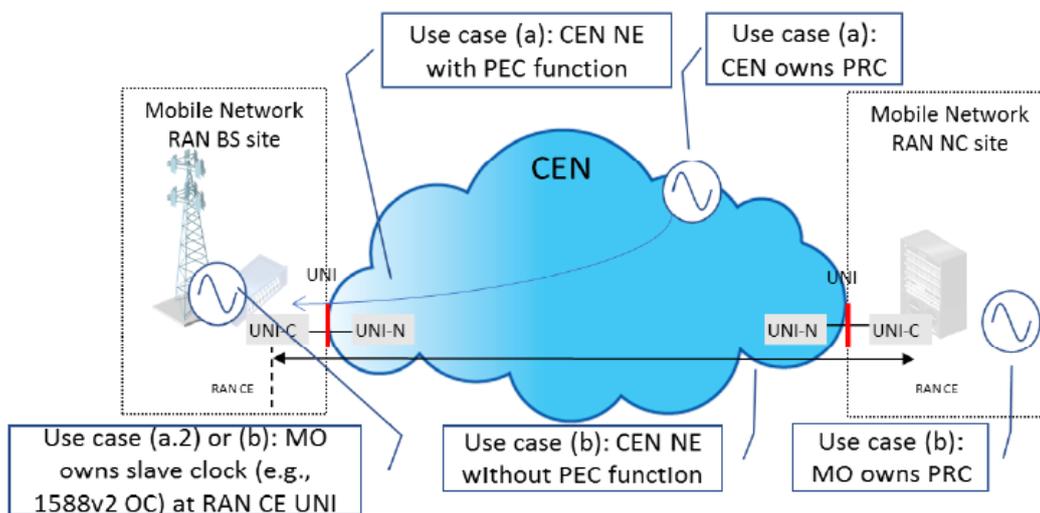


Figura 7.34 – Métodos baseados em pacotes para a UNI (MEF 22.3, Figura 35).

Como se observa, a parte superior da figura diz respeito ao caso **a**, sendo que os relógios escravos se encontram no site da RAN BS, tratando-se assim do caso **a.2**.

Na parte inferior da figura encontra-se representado o caso **b** em toda a extensão da EVC.

Para a ENNI, existem também dois casos principais para métodos de sincronização baseados em pacotes:

- NE da CEN com função PEC (caso **a**);
- NE da CEN sem função PEC (caso **b**).

A Figura 7.35 ilustra os dois casos principais para métodos baseados em pacotes para distribuição do *timing* de referência para a ENNI .

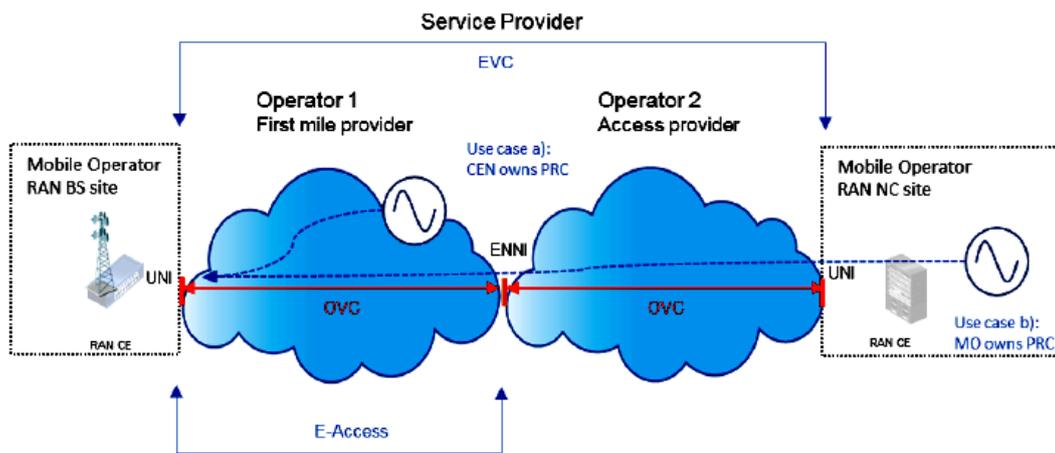


Figura 7.35 – Métodos baseados em pacotes para a ENNI (MEF 22-3, Figura 36).

### 7.3.9.3-Métodos Baseados em Ethernet Síncrona (SyncE)

Ethernet Síncrona (*SyncE*), definida nas Recomendações ITU-T G-826 e G.826.4, é uma tecnologia de camada física baseada na transferência de sinais de relógio pela Ethernet PHY.

Ethernet Síncrona é utilizada para a sincronização entre interfaces Ethernet nos diferentes cenários em que as redes ethernet são utilizadas.

O padrão MEF 22.3 especifica o uso de métodos baseados em *SyncE* para sincronização de sites RAN BS em redes *Backhaul* Móveis.

*SyncE* disponibiliza a capacidade de provimento de *Ethernet Clock* que pode ser obtido de um PRC (*Primary Reference Clock*) como definido na recomendação ITU-T G. 811.

A frequência de referência, entregue à UNI-C no site RAN BS, pode ser obtida do PCR, como mostra a Figura 7.36.

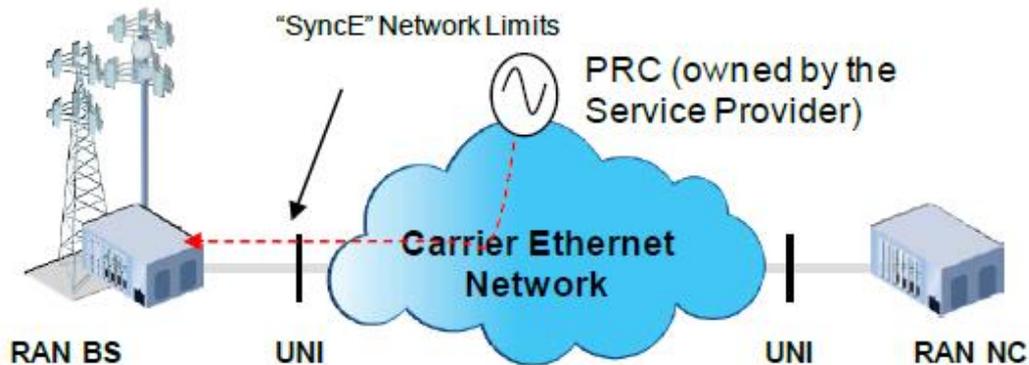


Figura 7.36– Exemplo de serviço de sincronização usando Ethernet Síncrona (MEF 22.3, Figura 37)

#### 7.4 – CARRIER ETHERNET EM PROCESSAMENTO NA NUVEM

O vertiginoso crescimento do Processamento na Nuvem gerou a necessidade de processos de conectividade confiável e elástica entre *data centers* de um CP (*Cloud Provider*) e também entre esses *data centers* e os consumidores dos serviços de Processamento na Nuvem, referidos como CCs (*Cloud Consumers*).

De início essa conectividade tem sido provida sobre a Internet pública. Entretanto, a Internet pública não é capaz de oferecer a segurança adequada, um desempenho previsível e garantido e o atendimento a aspectos regulatórios requeridos.

Carrier Ethernet é capacitada a oferecer uma alternativa de alta qualidade para a interconexão de *data centers* de um CP, ou de diferentes CPs, e para a conexão de usuários a esses *data centers*, possibilitando inclusive estabelecimento de SLAs entre as partes.

A utilização de Carrier Ethernet em Processamento na Nuvem foi especificada no padrão MEF 47. Esse padrão define os requisitos para os serviços e para as EIs de redes Carrier Ethernet, assim como uma interface de gerenciamento para o suporte a Serviços de Nuvem. Esse suporte inclui o comportamento elástico de atributos de serviço para que possam ser alterados ao longo da prestação dos serviços.

O suporte a Serviços de Nuvem incorpora, no escopo do padrão MEF 47, duas amplas categorias:

- Interconexão entre *data centers* de um CP, interconexão essa referida como DCI (*Data Centers Interconnect*);
- Interconexão entre CCs e *data centers* de um CP, interconexão essa referida como DCA (*Data Center Access*).

O padrão MEF 47 é destinado a Serviços de Nuvem de um único CP utilizando serviços E-Line em uma ou mais CENs (ou seja, utilizando os serviços EPL e EVPL).

Além disso, o padrão MEF 47 especifica um conjunto de atributos de serviço elásticos, destinados inclusive à interface de gerenciamento utilizada para controlar a totalidade dos atributos de serviço elásticos e reportar o estado do serviço para o CP ou para o CC.

#### **7.4.1 – Modelo para Prestação de Serviço**

Os Serviços de Nuvem, como definidos pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*), envolvem as seguintes partes:

- um CC (*Cloud Consumer*);
- um CP (*Cloud Provider*);
- um CB (*Cloud Broker*);
- um *Cloud Carrier*.

O padrão MEF 47 considera como *Cloud Carrier* um ECC (*Ethernet Cloud Carrier*), ou seja, um provedor de serviço Carrier Ethernet como *Cloud Carrier*.

Um *Cloud Broker* (CB) é responsável pela negociação dos detalhes do serviço com cada uma das partes e pela sua coordenação geral.

Na realidade, uma entidade pode desempenhar o papel de todas essas partes, ou de algumas delas. Por exemplo, um CP pode desempenhar também o papel de CB, podendo esse papel ser também desempenhado inclusive por um CC. É prevista inclusive a possibilidade do ECC atuar como CB.

A Figura 7.37 exibe esse modelo operacional, onde são observadas as partes envolvidas, mostrando inclusive o DCI e o DCA. O CB, não visualizado na figura, realiza a coordenação geral do funcionamento do modelo.

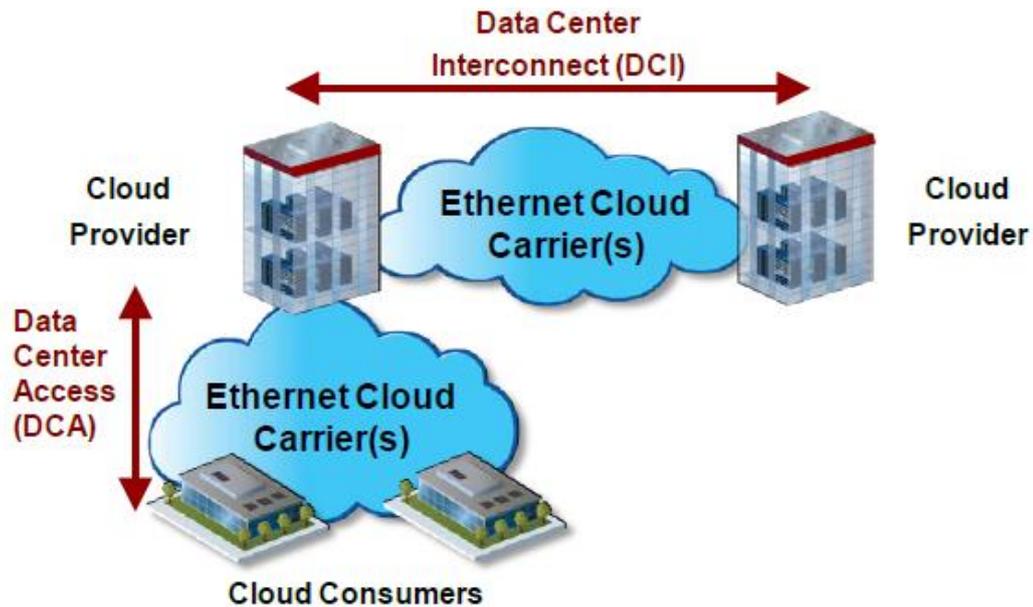


Figura 7.37 – Modelo dos Serviços de Nuvem suportados por Carrier Ethernet (MEF47, Figura 1).

Após o estabelecimento de um serviço Carrier Ethernet para atendimento a um Serviço de Nuvem, o CB pode alterar os atributos de serviço elásticos a qualquer momento. O CB solicita essas alterações ao ECC via Interface de Gerenciamento (MI). O ECC analisa essas solicitações, que, se viáveis, são implementadas.

O CB utiliza interfaces para o relacionamento com o CP ou mesmo com os CCs, mas a especificação dessas interfaces está fora da área de atuação do MEF.

A Figura 7.38 apresenta a arquitetura para o gerenciamento de Serviços de Nuvem.

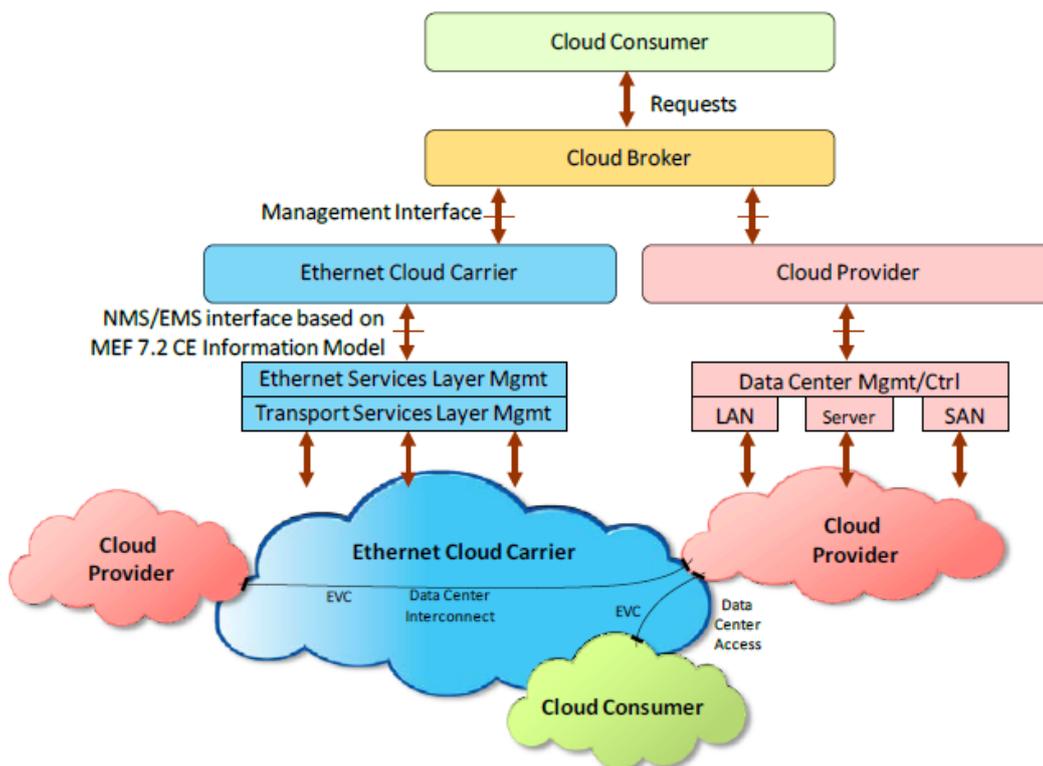


Figura 7.38 – Arquitetura para o gerenciamento de Serviços de Nuvem (MEF 47, Figura 3).

Observa-se nessa figura que o gerenciamento exercido pelo CB sobre o ECC engloba tanto a Camada de serviços Ethernet (*ETH-Layer*) quanto a Camada de Serviços de Transporte (*TRAN-Layer*). O ECC envia periodicamente relatórios do estado de seus serviços ao CB através da MI.

Verifica-se também na Figura 7.38 o processo de gerenciamento que o CB exerce sobre a nuvem de *data centers* do CP.

#### 7.4.2 – Aplicação de Serviços MEF a Serviços de Nuvem

O uso dos serviços EPL e EVPL nos Serviços de Nuvem, nos termos do padrão MEF 47, demanda a utilização de atributos de serviço adicionais que possibilitam a elasticidade nos Serviços de Nuvem.

##### 7.4.2.1 – Atendimento a DCI

Tipicamente, o DCI utiliza o serviço EPL, como mostra a Figura 7.39.

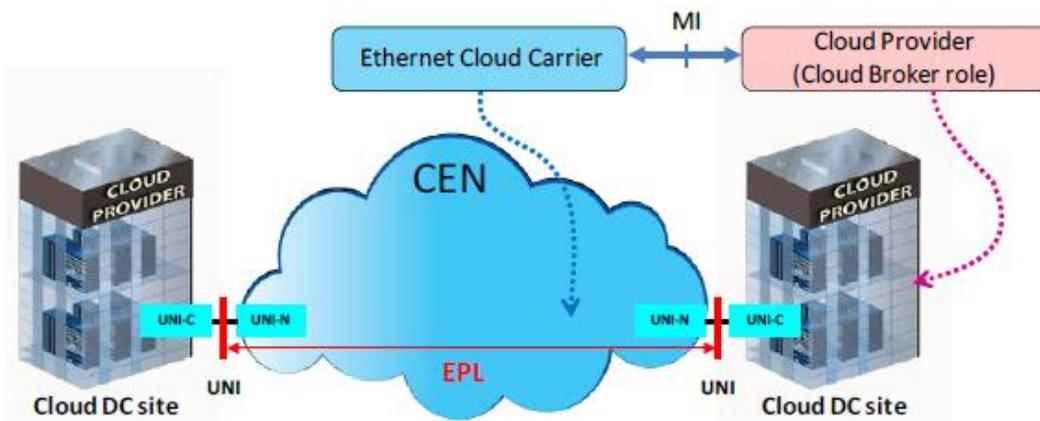


Figura 7.39 – Serviço EPL em DCI (MEF 47, Figura6).

Nessa Figura, o papel CB é desempenhado no site da nuvem de *data centers* do CP do lado direita da figura. Em outras palavras, o CP é também o CB.

#### 7.4.2.2 – Atendimento a DCA

O atendimento a DCA se realiza tipicamente pelo uso do serviço EVPL, com o compartilhamento da UNI no CP, como mostra a Figura 7.40.

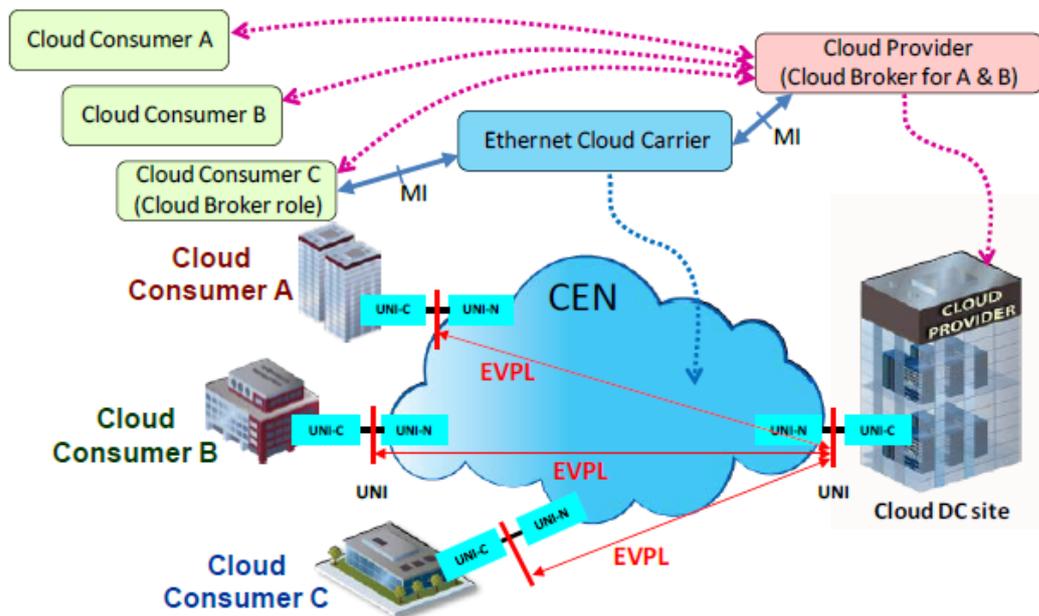


Figura 7.40 – Serviço EVPL em DCA (MEF 47, Figura 7).

Como se verifica nessa figura, para os CCs A e B o papel CB é desempenhado pelo CP (que é também o CB geral), enquanto o CC C assume ele próprio esse papel.

Em caso de tráfego elevado em DCAs, a conexão entre os CCs e o CP pode se realizar pelo serviço EPL, quando cada DCA utiliza uma UNI exclusiva do lado do CP.

#### 7.4.2.3 – Uso de Serviço E-Access

A Figura 7.41 apresenta uma configuração em que se utiliza um serviço *E-Access* em DCA.

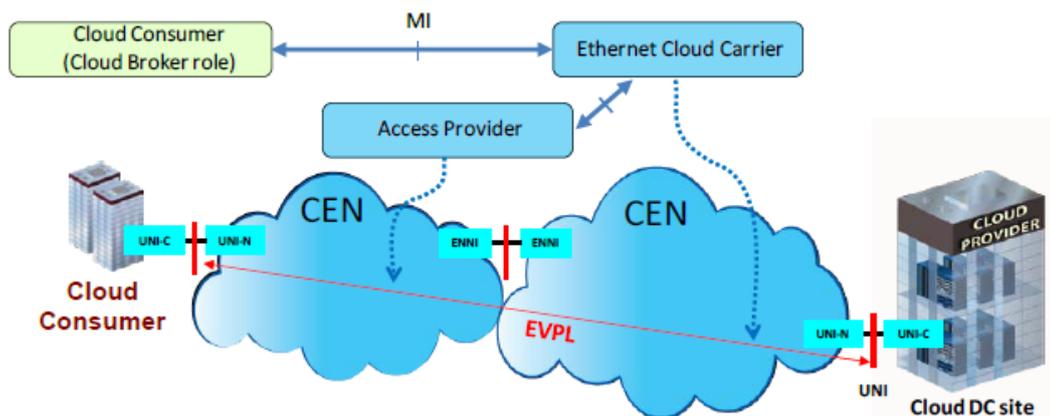


Figura 7.41 – Uso de serviço E-Access em DCA (MEF 47, Figura 8).

Nessa figura, um serviço Access EVPL está sendo utilizado via uma segunda CEN (*Access Provider*) para suportar o serviço EVPL fim a fim que atende um DCA. Essa configuração poderia ser atendida também por um serviço EPL utilizando um serviço Access EPL na segunda CEN. O papel CB está sendo desempenhado pelo CC.

O serviço *E-Access* é prestado sob a coordenação do ECC. O ECC pode realizar modificações no DCA (inclusive no serviço *E-Access*) a qualquer momento. Pode ocorrer, por exemplo, a alteração do valor de CIR por solicitação do CB.

#### 7.4.2.4 – Uso dos Serviços E-Tree e E-LAN.

Embora o padrão MEF 47 limite o atendimento de Serviços de Nuvem aos serviços EPL e EVPL, o documento *Carrier Ethernet for Delivery of Private Cloud Services*, do MEF, estende o atendimento dos Serviços de Nuvem aos serviços E-Tree (EP-Tree e EVP-Tree) e aos serviços E-LAN (EP-LAN e EVP-LAN).

A título de ilustração dessas possibilidades, a Figura 7.42 apresenta uma configuração de uso do serviço EVP-Tree como suporte a Serviços de Nuvem.

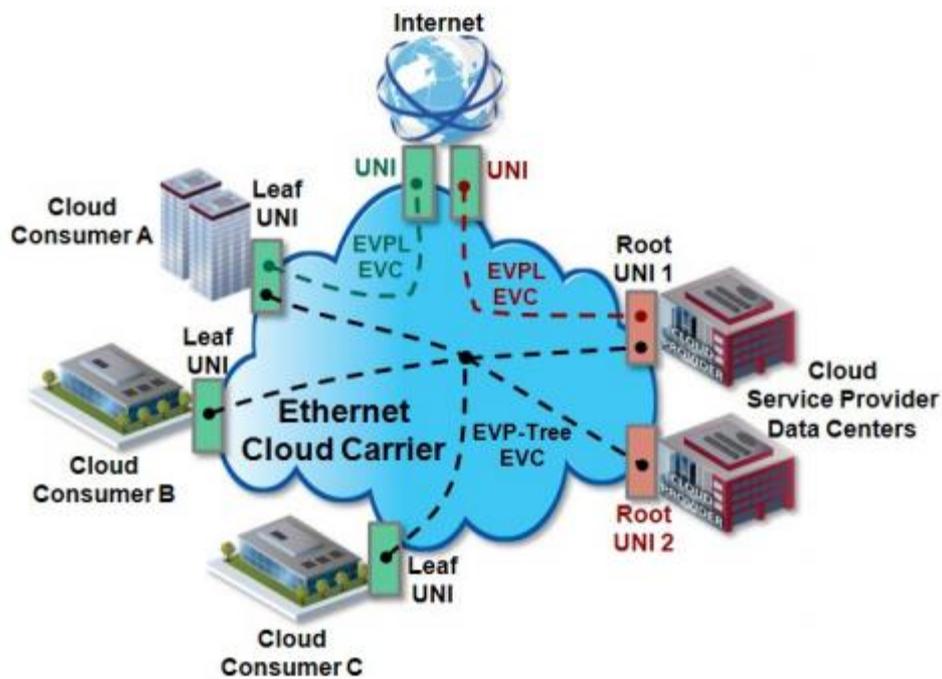


Figura 7.42 – Suporte do EVP-Tree a Serviço de Nuvem (MEF Avulso, Figura 18).

Como se observa nessa figura, a EVC multiponto com raiz (EVC EVP-Tree) possibilita, simultaneamente, DCI e DCA.

A *Root UNI 1* e a *Leaf UNI* no lado superior esquerdo da figura utilizam Multiplexação de Serviços, conectando, além da EVC EVP-Tree, duas EVCs EVPL. Essa configuração representa a oferta de um caminho alternativo para o DCA entre essas UNIs, utilizando a Internet pública.

Poderia ocorrer, por exemplo, também a conexão da *Root UNI 2* à Internet Pública via EVPL, o que proporcionaria maior capacidade e backup para o DCI entre os *data centers*.

### 7.4.3 – Serviços Carrier Ethernet Elásticos.

Serviços Carrier Ethernet elásticos possibilitam a alteração de atributos de serviço de EVC e de UNI durante a sua prestação.

As alterações são solicitadas pelo CB por via de uma Interface de Gerenciamento (MI). Quando uma solicitação é validada, o ECC verifica a viabilidade de seu atendimento. Sendo atendida ou não, o CB é notificado via MI.

Quando atendida uma solicitação, o atendimento se realiza durante um curto intervalo de manutenção, de modo a não interferir na operação do serviço. A aplicação dos índices negociados constantes da SLA é suspensa durante esse intervalo.

Uma alteração de atributo de serviço elástico pode ser feita em demanda ou em momentos programados. Uma alteração pode ser programada de forma periódica, por períodos semanais ou mensais, por exemplo.

O tempo de duração de uma alteração pode ser pré-fixada ou pode depender de uma nova manifestação do CB.

#### 7.4.3.1 – Atributos de Serviço Elásticos

A Figura 7.43 mostra os atributos de serviço elásticos.

Service Attribute	Elasticity
UNI Service Attributes	
CE-VLAN ID/EVC Map	Add/remove CE-VLAN ID when EVPL
EVC per UNI Service Attributes	
Class of Service Identifier	Modify the set of CoS ID values that map to a given CoS Name
Ingress BWP per CoS ID	
CIR	Adjust CIR within bounds
EIR	Adjust EIR within bounds

Figura 7.43 – Atributos de Serviço elásticos (MEF 47, Tabela 3).

- **Atributo de Serviço Mapa CE-VLAN ID / EVC**

Se o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID se encontra Habilitado em um EVPL elástico, então esse EVPL deveria permitir alterações do Mapa CE-VLAN ID / EVC, mediante a adição ou a remoção de CE-VLAN IDs em ambas as UNIs desse EVPL.

A condição acima será atendida, uma vez que o padrão MEF 47 estabelece que um EVPL elástico deve ter o atributo de serviço Agrupamento Habilitado em ambas as UNIs. Disso resulta que o atributo de serviço Preservação de CE-VLAN ID está sempre Habilitado em um EVPL elástico.

- **Atributo de Serviço Identificador de Classe de Serviço**

Diferentes aplicações em Serviços de Nuvem requerem CoSs diferentes, tanto no DCI quanto no DCA. Um ECC pode utilizar os *CoS Labels* definidos no padrão MEF 23.1 ou optar pela utilização de *CoS Names* definidos pelo próprio ECC.

Se a opção for, por exemplo, o uso de *CoS Labels*, então uma transferência de arquivos poderia utilizar o CoS Label **L**, um fluxo de vídeo poderia utilizar o *CoS Label M*, enquanto uma migração de VMs (*Virtual Machines*) poderia utilizar o *CoS Label H*.

Um serviço elástico deveria suportar múltiplos *CoS Names*.

Um serviço E-Line elástico que suporta múltiplos *CoS Names* deveria prover objetivos de desempenho selecionáveis para CoSs, pela permissão de modificações do mapeamento de CoS IDs para *CoS Names*.

- **Atributo de Serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por CoS ID**

Para que um serviço elástico possa permitir o ajuste dos valores de CIR e de EIR em uma UNI de uma dada EVC, é necessário que o atributo de serviço Perfil de Vazão de Tráfego de Ingresso por CoS ID nessa UNI esteja configurado com o valor *Parameters*.

Os ajustes dos valores de CIR e de EIR devem se situar dentro de limites superiores e limites inferiores.

#### 7.4.3.2 – Limites e Parâmetros para Serviços Elásticos

O Padrão MEF 47 especifica limites para modificações efetuados em serviços elásticos. Especifica também parâmetros e métricas específicos para cada solicitação de modificação.

Dentre os limites especificados encontram-se os seguintes:

- Limites para o CIR: *CIR UpperBound* (limite superior) e  $\{CIR + EIR\}$  *Lower Bound* (limite inferior);
- Limites para o EIR:  $\{CIR + EIR\}$  *Upper Bound* (limite superior) e  $\{CIR + EIR\}$  *Lower Bound* (limite inferior);
- Limite para a frequência de modificações;
- Limite para o intervalo para a ocorrência de modificações.

Dentre os parâmetros específicos para uma solicitação de modificação encontram-se os seguintes:

- Tempo de Início (*Start Time*);
- Intervalo de Início (*Start Interval*); indica o intervalo de tempo aceitável após o tempo de início durante o qual a modificação deve ser feita;
- Duração: indica o intervalo de tempo durante o qual uma modificação vai durar antes da reversão automática para os valores prévios;
- Período: indica o período (por exemplo, diário, semanal ou mensal) para repetição da solicitação de modificação.

## CAPÍTULO 8

### L2CP E E-LMI

#### 8.1 –PREÂMBULO

O presente capítulo tem como propósito apresentar os Protocolos de Controle de Camada 2 (*Layer 2 Control Protocols*), referido como L2CP, particularmente o protocolo E-LMI.

Os L2CPs foram definidos no padrão MEF 45 (*Multi-CEN L2CP*), no qual se fundamenta o item 8.2 deste capítulo.

O protocolo E-LMI, por sua vez, que é um L2CP especificado no padrão MEF 16 (*Ethernet Local Management Interface*), constitui-se no objeto do item 8.3 do presente capítulo

#### 8.2 –L2CPs (PROCOLOS DE CONTROLE DE CAMADA 2)

O padrão MEF 45 (*Multi-CEN L2CP*) especifica o processamento de Protocolo de Controle de Camada 2 (L2CP) para serviços abrangendo uma ou mais CENs. Esse padrão obsoleto e substituiu o padrão MEF 6.1.1, que se restringia ao processamento de L2CP em redes com uma única CEN.

Um Quadro de Serviço L2CP é definido como sendo um quadro de serviço que contém um endereço de destino que se encontra entre os 32 endereços MAC reservados para protocolos de controle pelo padrão IEEE 802.1Q-2014, e que se encontram relacionados na Figura 8.1.

<b>Endereços MAC L2CP de Destino</b>	<b>Tipo de Bloco</b>
01-80-C2-00-00-00 Até 01-80-C2-00-00-0F	Protocolos do Bloco de Bridges
01-80-02-00-00-20 Até 01-80-02-00-00-2F	Protocolos do Bloco MRP

Figura 8.1 – Relação de endereços MAC de destino L2CP reservados (MEF 45, Tabela 2).

Essa relação não inclui endereços de Quadros de Serviço de SOAM nem tampouco endereços de protocolos de controle proprietários ou padronizados que utilizam endereços MAC de destino que não se encontram nessa figura.

Embora incluindo redes *Multi-CEN* diferentemente do padrão MEF 6.1.1, o padrão MEF 45 mantém consistência com o padrão MEF 6.1.1 tanto quanto possível. Contudo, alguns requisitos são expressos de forma diferente, usando novos atributos, novos conceitos e nova terminologia.

O conceito de tunelamento (*tunneling*), por exemplo, deixa de existir, embora o comportamento similar ao de um túnel possa existir quando Quadros de Serviço L2CP são enviados intocados ao longo de toda a EVC.

Observa-se que o endereço de destino de um Quadro de Serviço L2CP não é suficiente para identificar o protocolo, mas sim um subgrupo de protocolos. O protocolo é identificado também pelo identificador de protocolo (valor *Ethertype* ou endereço LLC) contido no quadro.

### **8.2.1 –Endereços e Protocolos L2CP**

A Figura 8.2 apresenta a relação de Protocolos de Controle de Camada 2 com os respectivos endereços MAC reservados, constante do padrão MEF 45.

Layer 2 Control Protocol	Protocol Identifier	L2CP Destination Addresses
Link Aggregation Control/Marker Protocol (LACP)	Ethertype: 0x8809 Subtypes: 0x01, 0x02	01-80-C2-00-00-00 01-80-C2-00-00-02 01-80-C2-00-00-03
802.3 Operations, Administration, and Maintenance (Link-OAM)	Ethertype: 0x8809 Subtype: 0x03	01-80-C2-00-00-02
Ethernet Synchronization Messaging Channel (ESMC)	Ethertype: 0x8809 Subtype: 0x0A	01-80-C2-00-00-02
Precision Time Protocol Peer-Delay (PTP)	Ethertype: 0x88F7	01-80-C2-00-00-0E
Ethernet Local Management Interface (E-LMI)	Ethertype: 0x88EE	01-80-C2-00-00-07
Link Layer Discovery Protocol (LLDP)	Ethertype: 0x88CC	01-80-C2-00-00-00 01-80-C2-00-00-03 01-80-C2-00-00-0E
Virtual Station Interface Discovery and Configuration Protocol (VDP)	Ethertype: 0x8940 Subtype: 0x0001	01-80-C2-00-00-00
Port Extender Control and Status Protocol (PE-CSP)	Ethertype: 0x8940 Subtype: 0x0002	01-80-C2-00-00-03
Port-Based Network Access Control	Ethertype: 0x888E	01-80-C2-00-00-00 01-80-C2-00-00-03 01-80-C2-00-00-0E
802.3 MAC Control: PAUSE	Ethertype: 0x8808 Subtype: 0x0001	01-80-C2-00-00-01
802.3 MAC Control: Priority Flow Control (PFC)	Ethertype: 0x8808 Subtype: 0x0101	01-80-C2-00-00-01
802.3 MAC Control: Multipoint MAC Control	Ethertype: 0x8808 Subtype: 0x0002-0x0006	01-80-C2-00-00-01
802.3 MAC Control: Organization Specific Extensions	Ethertype: 0x8808 Subtype: 0xFFFFE	01-80-C2-00-00-01
Rapid/Multiple Spanning Tree Protocol (RSTP/MSTP)	LLC Address: 0x42	01-80-C2-00-00-00 01-80-C2-00-00-08
Shortest Path Bridging (SPB)	LLC Address: 0xFE	01-80-C2-00-00-2E 01-80-C2-00-00-2F
Multiple MAC Registration Protocol (MMRP)	Ethertype: 0x88F6	01-80-C2-00-00-20
Multiple VLAN Registration Protocol (MVRP)	Ethertype: 0x88F5	01-80-C2-00-00-21 01-80-C2-00-00-0D
Multiple Stream Registration Protocol (MSRP)	Ethertype: 0x22EA	01-80-C2-00-00-0E
Multiple ISID Registration Protocol (MIRP)	Ethertype: 0x8929	01-80-C2-00-00-00

Figura 8.2 – Relação de protocolos L2CP e endereços MAC reservados (MEF 45, Tabela 7 revista).

O padrão MEF 45 admite o uso de endereços e de protocolos L2CP não relacionados nessa figura.

Como se observa na Figura 8.2, um endereço MAC L2CP reservado pode ser utilizado por diferentes protocolos. O que realmente identifica um L2CP é o respectivo Identificador de Protocolo (*Protocol ID*) constante dos Quadros de Serviço L2CP.

Como se observa também na figura, um Identificador de Protocolo pode consistir em um simples valor *Ethertype* ou em um simples endereço LLC, podendo também consistir em uma dupla {*Ethertype*, Subtipo}.

Um endereço MAC L2CP corresponde, na realidade, a uma Atribuição 802.1Q (*802.1Q Assignment*), que representa um subconjunto constituído por um ou mais L2CPs que possuem características comuns e que podem receber o mesmo tratamento em termos de filtragem e de descarte.

A Figura 8.3 apresenta a relação de endereços MAC L2CP de destino reservados do Grupo de Bridges, com as correspondentes Atribuições 802.1Q.

<b>L2CP Destination Address</b>	<b>802.1Q Assignment</b>
01-80-C2-00-00-00	Nearest Customer Bridge
01-80-C2-00-00-01	IEEE MAC Specific Control Protocols
01-80-C2-00-00-02	IEEE 802 Slow Protocols
01-80-C2-00-00-03	Nearest non-TPMR Bridge
01-80-C2-00-00-04	IEEE MAC Specific Control Protocols
01-80-C2-00-00-05	Reserved for Future Standardization
01-80-C2-00-00-06	Reserved for Future Standardization
01-80-C2-00-00-07	MEF Forum ELMI
01-80-C2-00-00-08	Provider Bridge Group
01-80-C2-00-00-09	Reserved for Future Standardization
01-80-C2-00-00-0A	Reserved for Future Standardization
01-80-C2-00-00-0B	Reserved for Future Standardization
01-80-C2-00-00-0C	Reserved for Future Standardization
01-80-C2-00-00-0D	Provider Bridge MVRP
01-80-C2-00-00-0E	Nearest Bridge, Individual LAN Scope
01-80-C2-00-00-0F	Reserved for Future Standardization

Figura 8.3 – Endereços L2CP de destino versus Atribuições 802.1Q (MEF 45, Tabela 5 revista).

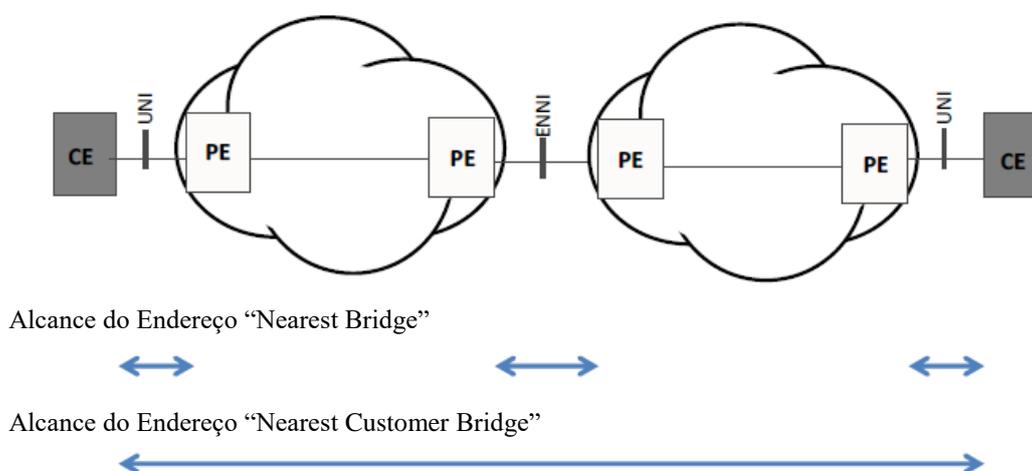
A Atribuição 802.1Q *Nearest Customer Bridge* significa que o Quadro de Serviço L2CP deve ser filtrado exclusivamente pela próxima bridge de usuário (ou seja, próxima *C-VLAN bridge* ou próxima *provider edge bridge*).

A Atribuição 802.1Q *Nearest non-TPMR Bridge* significa que o Quadro de Serviço L2CP deve ser filtrado por qualquer próxima bridge (bridge de usuário ou bridge de provedor) à exceção de bridges TPMPR (*Two Port MAC Relay*).

A Atribuição 802.1Q *Nearest Bridge, Individual LAN Scope* significa que o Quadro de Serviço L2CP deve ser filtrado por qualquer próxima bridge, independentemente de sua natureza.

Em muitos casos um único dispositivo de rede pode processar instâncias múltiplas de um mesmo L2CP, associando-o a múltiplas Atribuições 802.1Q.

A Figura 8.4 ilustra um exemplo de serviço E-Line onde um protocolo L2CP (LLDP, por exemplo) encontra-se associado à Atribuição 802.1Q *Nearest Bridge* e à Atribuição 802.1Q *Nearest Customer Bridge*.



**Figura 8.4 –Protocolo L2CP associado a duas diferentes Atribuições 802.1Q (MEF 45, Figura 1).**

Nessa figura encontram-se representados os alcances das Atribuições 802.1Q *Nearest Bridge* e *Nearest Customer Bridge* associadas a um determinado L2CP (LLDP, por exemplo).

Como se observa na Figura 8.2 anterior, da mesma forma que no caso do L2CP LLDP (0X88CC), o L2CP *Port-Based Network Access Control* (0X88E8) pode ser associado às Atribuições 802.1Q *Nearest Customer Bridge* (01-80-C2-00-00-00), *Nearest non-TPMR Bridge* (01-80-C2-00-00-03) e *Nearest Bridge, Individual LAN Scope* (01-80-C2-00-00-0E).

Observa-se também na Figura 8.2 que os L2CPs LACP (0X8809, Subtipo 01) e LAMP (0X8809, Subtipo 02) podem ser associados às Atribuições 802.1Q *Nearest Customer Bridge, IEEE 802 Slow Protocols* (01-80-C2-00-00-02) e *Nearest non-TPMR Bridge*. Verifica-se assim que esses L2CPs não podem ser associados à Atribuição 802.1Q *Nearest Bridge, Individual LAN Scope*.

LACP significa *Link Aggregation Control Protocol*, enquanto LAMP significa *Link Aggregation Marker Protocol* (referido também simplesmente como *Marker Protocol*), tendo sido ambos definidos no padrão IEEE 802.1AX-2008.

Alguns Protocolos de Controle de Camada 2 envolvem apenas duas entidades de protocolo, ou seja, operam de forma ponto a ponto, como no exemplo do E-LMI e do *Link OAM*.

Outros protocolos L2CP operam de forma multiponto, com múltiplas entidades de protocolo distribuídas pela rede. Um exemplo importante são os protocolos da família STP (STP, RSTP e MSTP).

### 8.2.2 – Modelo Comportamental de L2CP

O propósito do Modelo Comportamental de L2CP é o de descrever como cada CEN trata quadros L2CP considerando atributos e quesitos das EIs (UNIs ou ENNIs) e das EVCs ou OVCs utilizadas no serviço.

O conceito básico do Modelo Comportamental de L2CP é o de Ponto de Decisão (*Decision Point*) L2CP, que determina onde e como um quadro L2CP é processado.

Em um Ponto de Decisão L2CP pode ocorrer uma das seguintes ações:

- Descartar (*Discard*): o quadro de serviço L2CP é Descartado no Ponto de Decisão L2CP;
- *Peer*: o quadro de serviço é direcionado para uma Entidade de Protocolo no elemento de rede onde se encontra o Ponto de Decisão L2CP;
- Passar (*Pass*): o quadro de serviço Passa pelo Ponto de Decisão L2CP.

Os Quadros de Serviço L2CP submetidos a essas ações são gerados em Entidades de Protocolo L2CP, localizadas nas EIs onde residem os Pontos de Decisão L2CP, como mostra a Figura 8.5.

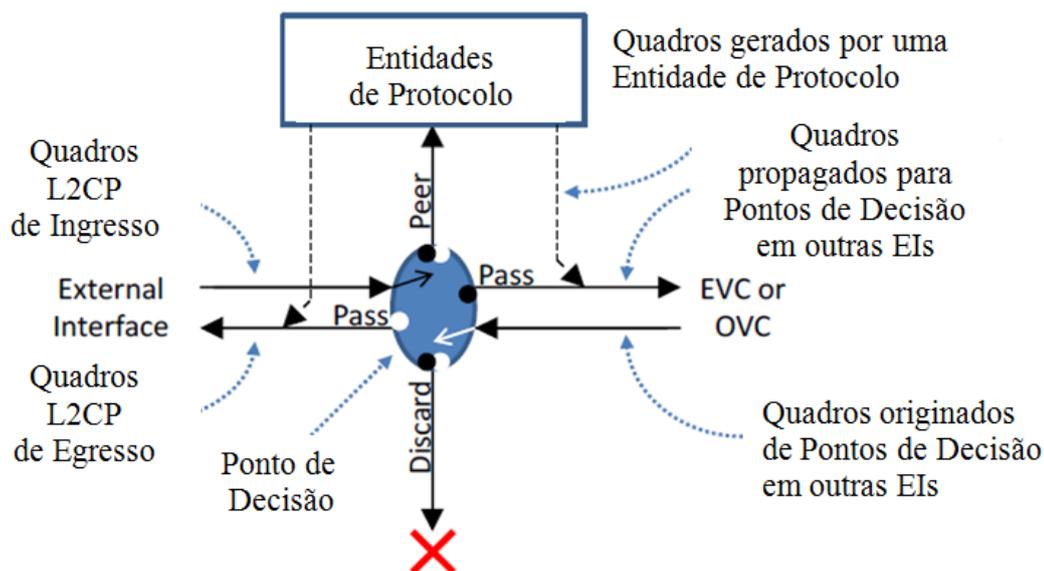


Figura 8.5 – Pontos de Decisão L2CP (MEF 45, Figura 2 revista).

*Peer* significa que o Quadro de Serviço L2CP é entregue a uma entidade de protocolo no elemento de rede onde se encontra o Ponto de Decisão L2CP, entidade essa determinada pelo *Ethertype* ou LSAP contido no quadro.

A Entidade de Protocolo qualifica o quadro e potencialmente o processa de acordo com as especificações do correspondente protocolo. Qualificar um quadro é, em essência, validar parâmetros tais como endereço de destino, VLAN ID e Identificador de Protocolo, dentre outros.

O processamento de um quadro é também específico para cada protocolo, e pode incluir as seguintes atividades:

- Realizar mudanças nas informações de estado local;
- Aplicar ações baseadas no conteúdo do quadro;
- Gerar um quadro L2CP de egresso;
- Ignorar o quadro.

### 8.2.2.1 – Modelo Comportamental de L2CP em uma CEN

A Figura 8.6 mostra um exemplo de utilização do Modelo Comportamental de L2CP em uma rede Carrier Ethernet constituída por uma única CEN.

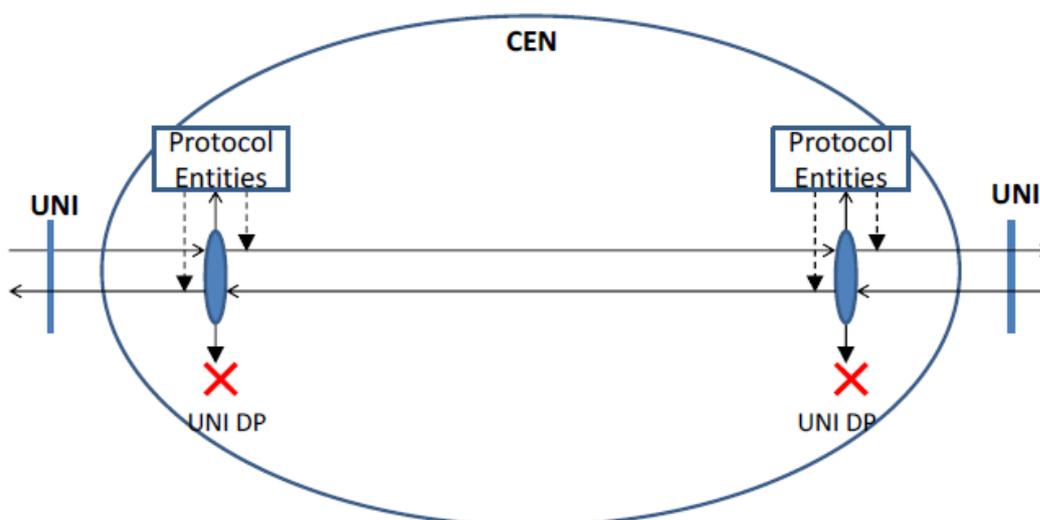


Figura 8.6 – Rede com uma CEN (MEF 45, Figura 3).

Nessa figura, onde DP significa Ponto de Decisão L2CP, encontra-se representado um exemplo simples, onde duas UNIs estão associadas por uma única EVC ponto a ponto, mas exemplos mais complexos podem ser construídos.

Existe um Ponto de Decisão L2CP em cada UNI. Para um quadro de serviço que ingressa em uma UNI, o respectivo Ponto de Decisão L2CP é referido como Ponto de Decisão L2CP de ingresso.

Se a decisão para um quadro é Passar, esse quadro será propagado para o Ponto de Decisão L2CP da outra UNI associada pela EVC (Ponto de Decisão L2CP

de egresso). No Ponto de Decisão de egresso o quadro é novamente avaliado, para ser Descartado, *Peered* ou Passado. Se Passado, o quadro resulta em um Quadro de Serviço L2CP de egresso.

Quando um quadro de ingresso é Passado em todos os Pontos de Decisão L2CP associados pela EVC, resulta o comportamento descrito como “*tunneling*” em padrões anteriores ao padrão MEF 45.

### 8.2.2.2 – Modelo Comportamental de L2CP em Redes Multi-CEN

A Figura 8.7 mostra um exemplo de utilização do Modelo Comportamental de L2CP em uma rede Carrier Ethernet *Multi-CEN*.

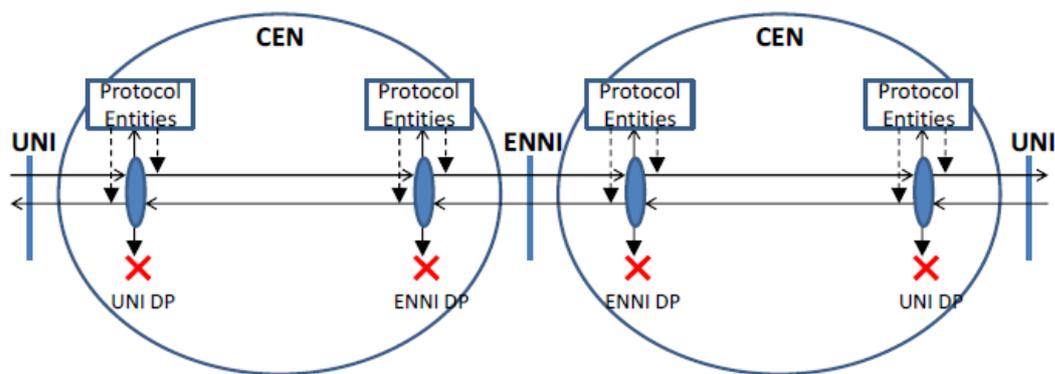


Figura 8.7 – Exemplo em rede Multi-CEN (MEF 45, Figura 4).

Aplicando-se as regras de operação de Pontos de Decisão L2CP, o leitor pode avaliar as possíveis ações aplicadas a um quadro de serviço, em função da Atribuição 802.1Q e do protocolo do quadro, e, como será visto adiante, em função também dos valores do atributo de serviço *L2CP Address Set* e do atributo de serviço *L2CP Peering* utilizados nos Pontos de Decisão L2CP.

### 8.2.2.3 – Modelo Comportamental de L2CP em uma VUNI

A Figura 8.8 mostra um exemplo de utilização do Modelo Comportamental de L2CP em uma rede Carrier Ethernet *Multi-CEN* onde existe uma VUNI.

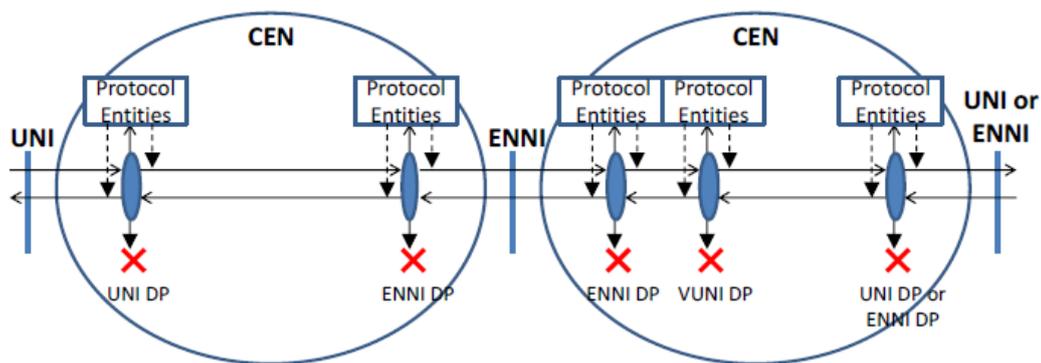


Figura 8.8 – Rede Multi-CEN com uma VUNI (MEF 45, Figura 5).

Para o entendimento dessa figura, basta ao leitor atentar para as regras de operação de Pontos de Decisão L2CP, considerando a sequência operacional definida pelo sentido de transmissão dos quadros L2CP.

### 8.2.3 – Atributos de Serviço L2CP

Serão abordados, neste subitem, os seguintes atributos de serviço L2CP:

- Atributo de serviço *L2CP Address Set*;
- Atributo de serviço *L2CP Peering*;
- Atributo de serviço *ENNI Tagged L2CP Frame Processing*.

#### 8.2.3.1 – Atributo de Serviço L2CP Address Set

Diferentes tipos de serviço MEF (serviços de EVC ou serviços de OVC) filtram (ou seja, *Peer* ou *Descartam*), em um Ponto de Decisão L2CP, diferentes subconjuntos de endereços L2CP reservados. Tais subconjuntos de endereços constituem os valores do atributo de serviço *L2CP Address Set*.

Todas as UNIs de uma EVC, assim como todos os Pontos de Terminação de OVC de uma OVC, filtram o mesmo subconjunto de endereços L2CP.

O atributo de serviço *L2CP Address Set* pode assumir os valores CTA, CTB ou CTB-2.

Os serviços privativos vituais, que associam UNIs ou Pontos de Terminação de OVC que têm conhecimento de *C-VLAN tags*, devem filtrar (ou seja, *Descartar* ou *Peer*) quadros com endereços MAC L2CP reservados que correspondem ao valor CTA (*C-VLAN Tag Aware*).

Os serviços privativos, que associam UNIs ou Pontos de Terminação de OVC opacos (*blind*) a *C-VLAN tags*, devem filtrar quadros com endereços L2CP reservados que correspondem ao valor CTB (*C-VLAN Tag Blind*).

No caso particular do serviço privativo EPL na Opção 2 (inclusive serviços de OVC do tipo EPL), entretanto, pode ser desejável eliminar a filtragem de

quadros L2CP reservados à exceção daqueles do protocolo PAUSE (endereço 01-80-C2-00-00-01).

A esse subconjunto de endereços MAC reservados atendidos pelo EPL na Opção 2, foi dada a denominação CTB-2 (*C-VLAN Tag Blind Option 2*).

Os parágrafos anteriores podem ser resumidos como na Figura 8.9.

Valor do Atributo L2CP Address Set	Aplicação
CTA (C-VLAN Tag Aware)	Serviços Baseados em VLAN (Privativos Virtuais)
CTB (C-VLAN Tag Blind)	Serviços Baseados em Porta (Privativos)
CTB-2 (CTB Opção 2)	Serviços EPL na Opção 2 de Processamento de L2CP

Figura 8.9- Resumo dos valores do atributo de serviço L2CP Address Set (Fujitsu, revista).

A Figura 8.10 exibe os subconjuntos de endereços L2CP (*L2CP Address Sets*) que são filtrados por cada valor CTA, CTB e CTB-2.

L2CP Destination Address	802.1Q Assignment	Filtered by:		
		CTA	CTB	CTB-2
01-80-C2-00-00-00	Nearest Customer Bridge	X		
01-80-C2-00-00-01	IEEE MAC Specific Control Protocols	X	X	X
01-80-C2-00-00-02	IEEE 802 Slow Protocols	X	X	
01-80-C2-00-00-03	Nearest non-TPMR Bridge	X	X	
01-80-C2-00-00-04	IEEE MAC Specific Control Protocols	X	X	
01-80-C2-00-00-05	Reserved for Future Standardization	X	X	
01-80-C2-00-00-06	Reserved for Future Standardization	X	X	
01-80-C2-00-00-07	MEF Forum ELMI	X	X	
01-80-C2-00-00-08	Provider Bridge Group	X	X	
01-80-C2-00-00-09	Reserved for Future Standardization	X	X	
01-80-C2-00-00-0A	Reserved for Future Standardization	X	X	
01-80-C2-00-00-0B	Reserved for Future Standardization	X		
01-80-C2-00-00-0C	Reserved for Future Standardization	X		
01-80-C2-00-00-0D	Provider Bridge MVRP	X		
01-80-C2-00-00-0E	Nearest Bridge, Individual LAN Scope	X	X	
01-80-C2-00-00-0F	Reserved for Future Standardization	X		

Figura 8.10 –Filtragem realizada pelos CTA, CTB e CTB-2 (MEF 45, Tabela 5).

Existe um atributo de serviço *L2CP Address Set* para cada UNI, VUNI ou OVC. O atributo de serviço *L2CP Address Set* para OVC torna desnecessária a existência do atributo de serviço *L2CP Adress Set* para ENNI.

### 8.2.3.2 –Atributo de Serviço L2CP Peering

O atributo de serviço *L2CP Peering* consiste em uma lista de Protocolos de Controle de Camada 2 que serão *peered* por uma entidade de protocolo em uma UNI, VUNI ou ENNI.

Existe um atributo de serviço *L2CP Peering* para cada UNI, VUNI e ENNI.

De um modo geral, cada entrada na lista especifica os dois valores [Endereço MAC de Destino, Identificador de Protocolo], como mostra o exemplo da Figura 8.11.

Protocol to be Peered	Protocol Identifier	L2CP Destination Address
Link Aggregation (LACP)	Ethertype: 0x8809 Subtypes: 01,02	01-80-C2-00-00-02
Link OAM	Ethertype: 0x8809 Subtype: 03	01-80-C2-00-00-02
E-LMI	Ethertype: 0x88EE	01-80-C2-00-00-07
Spanning Tree (RSTP/MSTP)	LLC Address: 0x82	01-80-C2-00-00-00

Figura 8.11 – Exemplo de uso do atributo L2CP Peering (MEF 45, Tabela 6).

Observa-se nessa figura que, diferentemente do que ocorre no atributo de serviço *L2CP Address Set* onde o tratamento dado a quadros em Pontos de Decisão L2CP é função da Atribuição 802.1Q a que corresponde o L2CP, no atributo de serviço *L2CP Peering* esse tratamento é específico para cada L2CP.

Quando Agregação de Links é utilizada em uma EI, a maior parte dos L2CPs operam na EI como em um único link lógico, de forma agnóstica com relação ao link físico que transporta os quadros de serviço. Entretanto, alguns protocolos operam de forma individual em cada link físico (por exemplo, os protocolos LLDP e ESMC).

É até possível que um protocolo, como o ESMC, por exemplo, possa operar seletivamente em alguns dos links físicos agregados, não operando nos demais links.

Ocorrem então casos em que, em uma entrada no atributo *L2CP Peering*, o Endereço MAC de Destino e o Identificador de Protocolo não sejam suficientes para identificar o protocolo. Nesses casos, essas entradas são compostas pelos três valores [Endereço MAC de Destino, Identificador de Protocolo, Identificador de Link].

O atributo de serviço *L2CP Peering* deve possuir como valor uma lista vazia ou uma lista de entradas identificando os protocolos a serem *peered* onde cada entrada consiste em [Endereço MAC de Destino, Identificador de Protocolo] ou [Endereço MAC de Destino, Identificador de Protocolo, Identificador de Link].

### 8.2.3.3 – Atributo de Serviço ENNI Tagged L2CP Frame Processing

O atributo de serviço *ENNI Tagged L2CP Frame Processing* reflete a capacidade da ENNI para processar Quadros de Serviço L2CP *S-VLAN Tagged* de forma compatível com o padrão IEEE 802.1.

Os valores possíveis para esse atributo de serviço são “802.1 compliant” ou “802.1 non-compliant”, sendo que o valor adotado deveria ser “802.1 compliant”.

### 8.2.4 – Sumário de Uso dos Atributos de Serviço L2CP

A Figura 8.12 apresenta um quadro sumário de uso dos atributos de serviço L2CP em Pontos de Decisão L2CP.

Localização do Ponto de Decisão	Atributos de Serviço L2CP Utilizados por Ponto de Decisão
UNI	UNI L2CP Peering
	UNI L2CP Address Set
VUNI	VUNI L2CP Peering
	VUNI L2CP Address Set
ENNI	ENNI L2CP Peering
	ENNI Tagged L2CP Frame Processing
	OVC L2CP Address Set (para cada OVC com um Ponto de Terminação de OVC na ENNI.)

Figura 8.12 – Sumário de uso dos atributos de serviço L2CP (MEF 45, Tabela 4).

### 8.2.5– Processamento de Quadros de Serviço L2CP em UNIs e VUNIs (CTA e CTB)

A Figura 8.13 apresenta um fluxograma que especifica as ações tomadas em um quadro L2CP em um Ponto de Decisão L2CP, em uma UNI ou uma VUNI, quando o atributo de serviço *L2CP Address Set* possui o valor CTA ou CTB.

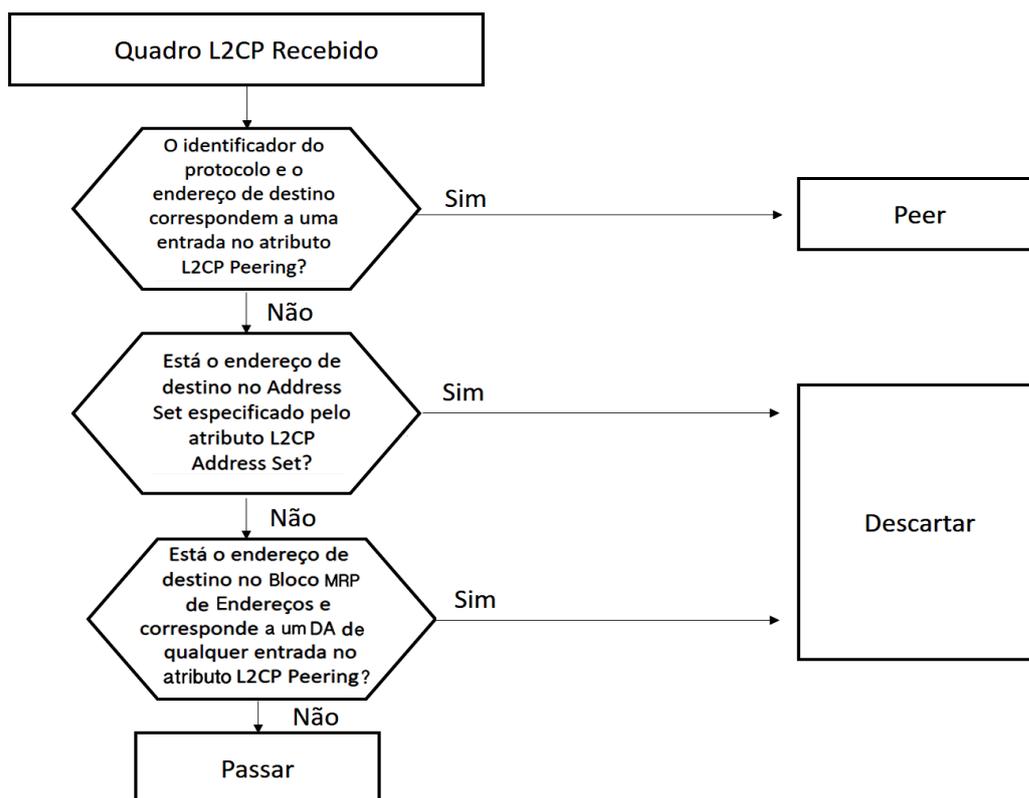


Figura 8.13 – Fluxograma para Pontos de Decisão em UNI ou VUNI para CTA ou CTB (MEF 45, Figura 6).

O primeiro bloco de decisão (bloco de decisão A) no fluxograma determina se o quadro L2CP será *Peered* ou não, comparando-se os respectivos [Endereço MAC de Destino, Identificador de Protocolo] com a lista *L2CP Peering* configurada na UNI ou na VUNI.

Se o quadro L2CP não é *Peered*, o segundo bloco de decisão (bloco de decisão B) no fluxograma determina se o quadro L2CP será Descartado ou não, comparando o respectivo Endereço MAC de Destino com o subconjunto correspondente de Endereços MAC reservados (CTA ou CTB). Se houver concordância, o quadro será Descartado.

Se não houver concordância, o quadro Passa para o terceiro bloco de decisão (bloco de decisão C), e a ação seguinte depende de circunstâncias relativas ao quadro L2CP em trânsito.

Se o endereço MAC de destino do quadro L2CP se encontra no Bloco de Endereços MRP e coincide com uma entrada na tabela *L2CP Peering*, o quadro L2CP é Descartado. Caso contrário, o quadro L2CP Passa, sendo transmitido.

A passagem dos quadros L2CP com Endereços MAC de Destino no Bloco MRP no bloco de decisão A é diferente da passagem no bloco de decisão C.

Como no bloco de decisão C a análise se dá apenas com o Endereço MAC de Destino, pode existir a filtragem de quadros L2CP com o mesmo Endereço MAC de Destino porém com Identificadores de protocolo diferentes, e que portanto não foram filtrados no bloco de decisão A.

## 8.2.6 – Processamento de Quadros L2CP em UNIs (CTB-2)

Quando o serviço fim a fim suportado em uma UNI é o EPL com a opção 2 de processamento L2CP, o atributo de serviço *L2CP Address Set* possui o valor CTB-2.

Nesse caso, existem três hipóteses para o processamento de quadros L2CP em função do agrupamento a que o protocolo pertença. Tais agrupamentos são os seguintes:

- Protocolos cujos quadros L2CP devem obrigatoriamente Passar pela UNI;
- Protocolos cujos quadros L2CP deveriam Passar ou ser Descartados pela UNI;
- Protocolos sujeitos a ações determinadas pelo fluxograma da Figura 8.13 anterior.

### 8.2.6.1 – Primeiro Agrupamento

A Figura 8.14 apresenta a relação de protocolos L2CP, definidos pela dupla [Endereço MAC de Destino, Identificador de Protocolo], cujos quadros L2CP devem obrigatoriamente Passar pela UNI quando o valor do atributo de serviço *L2CP Address Set* for CTB-2.

Protocolo	Identificador de Protocolo	Endereço	Ação L2CP
STP/RSTP/MSTP	Endereço LLC 0x42	01-80-C2-00-00-00	DEVE Passar
E-LMI	Ethertype 0x88EE	01-80-C2-00-00-07	DEVE Passar (1)
LLDP	Ethertype 0x88CC	01-80-C2-00-00-DE	DEVE Passar
PTP Peer Delay	Ethertype 0x88F7	01-80-C2-00-00-DE	DEVE Passar
Bloco MRP	Qualquer	01-80-C2-00-00-20 Até 01-80-C2-00-00-2F	DEVE Passar

Figura 8.14 – Protocolos cujos quadros L2CP (em CTB-2) devem Passar pela UNI (MEF 45, Tabela 8).

A observação (1) indica que o padrão MEF 45 recomenda que o usuário não utilize essa entrada na tabela dessa figura. Em outras palavras, recomenda que a E-LMI seja desativada quando se trata de CTB-2.

### 8.2.6.2 – Segundo Agrupamento

A Figura 8.15 apresenta a relação de protocolos L2CP, definidos pela dupla [Endereço MAC de Destino, Identificador de Protocolo], cujos quadros L2CP deveriam Passar ou deveriam ser Descartados pela UNI quando o valor do atributo de serviço *L2CP Address Set* for CTB-2.

Protocolo	Identificador de Protocolo	Endereço	Ação L2CP
Pause	Ethertype: 0x8808 Subtipo: 0x0001	01-80-C2-00-00-01	DEVERIA Descartar
LACP/LAMP	Ethertype: 0x8809 Subtipos: 0x01, 0x02	01-80-C2-00-00-02	DEVERIA Passar
Link OAM	Ethertype: 0x8809 Subtipo: 0x03	01-80-C2-00-00-02	DEVERIA Passar
Port Authentication	Ethertype 0x888E	01-80-C2-00-00-03	DEVERIA Passar
ESMC	Ethertype:0x8809 Subtipo: 0x0A	01-80-C2-00-00-02	DEVERIA Passar (1)

Figura 8.15 – Protocolos cujos quadros L2CP (em CTB-2) deveriam Passar ou ser Descartados pela UNI (MEF 45, Tabela 9).

A observação (1) indica que o padrão MEF 45 recomenda que o usuário não utilize essa entrada na tabela dessa figura. Em outras palavras, recomenda que o ESCM seja desativado quando se trata de CTB-2.

### 8.2.6.3 – Terceiro Agrupamento

Se o valor do atributo de serviço *L2CP Address Set* em uma UNI for CTB-2, e um quadro L2CP nessa UNI é identificado por uma dupla [Endereço MAC de Destino, Identificador de Protocolo] não relacionada na Figura 8.14 ou na Figura 8.15 anteriores, o fluxograma da Figura 8.13 deveria ser utilizado (uso recomendado) para determinar a ação a ser tomada no Ponto de Decisão L2CP nessa UNI (*Peer*, Passar ou Descartar).

Por exemplo, considera-se um quadro L2CP do protocolo LLDP com o endereço de destino da Atribuição 802.1Q *Nearest Customer Bridge* (igual a 01-80-C2-00-00-00) sendo avaliado nesse Ponto de Decisão L2CP.

Como o protocolo LLDP não se encontra relacionado nas duas figura anteriores, o quadro será tratado pelo fluxograma da Figura 8.13 anterior ainda que o valor do atributo de serviço *L2CP Address Set* seja CTB-2.

Assim, o quadro LLDP será analisado inicialmente no bloco de decisão A do fluxograma.

O padrão MEF 45 recomenda que quando o *L2CP Address Set* em uma UNI for CTB-2, o atributo de serviço *L2CP Peering* deveria ser uma lista vazia, ou seja, que todos os quadros deveriam Passar pelo bloco de decisão **A**.

Supondo que isso ocorra, o quadro LLDP Passa também pelo bloco de decisão **B**, pois o único protocolo filtrado nesse bloco é o PAUSE.

Como o LLDP não se encontra no Bloco de Endereços MRP, o quadro Passa pelo bloco de decisão **C**, e será transmitido pela UNI.

### **8.2.7 – Processamento de BPDUs**

Quando da utilização de uma rede Carrier Ethernet, o usuário pode desejar a utilização de um protocolo STP (STP, RSTP ou MSTP) em toda a rede agregada. Dessa forma, as BPDUs serão objeto de ações localizados nas UNIs.

Se o serviço for Baseado em Porta (EPL na opção 1ou na opção 2, EP-LAN ou EP-Tree), o atributo de serviço *L2CP Address Set* deve ser configurado com o valor CTB em todas as UNIs da EVC.

Nesse caso, o padrão MEF 45 estipula que as BPDUs devem Passar, sendo tuneladas sem alterações, através de toda a EVC.

Quando se trata, contudo, de serviço Baseado em VLAN (EVPL, EVP-LAN ou EVP-Tree), quando as UNIs devem ser configuradas com o valor CTA, as BPDUs devem ser *Peered* ou Descartadas em todas as UNIs da EVC.

### **8.3 – ETHERNET LOCAL MANAGEMENT INTERFACE (E-LMI).**

O padrão MEF 16 define o protocolo E-LMI (*Ethernet Local Management Interface*). Esse protocolo é utilizado para capacitar o equipamento CE a solicitar e receber informações de estados e de atributos de serviços da rede Carrier Ethernet. Dessa forma, o equipamento CE pode autoconfigurar-se para acessar os serviços.

O padrão MEF 16 especifica o E-LMI de forma a provê-lo com informações de status de EVCs e de UNIs, e desse modo possibilitar a autoconfiguração do CE.

O E-LMI tem como referência o protocolo LMI (*Local Management Interface*) definido nas Recomendações ITU-T Q.933 e X.36, assim como no padrão FR-LMI (*Frame Relay Local Management Interface*) definido pelo *Frame Relay Forum*.

#### **8.3.1-Localização e Procedimentos no E-LMI**

O protocolo E-LMI aplica-se à interface T, ou seja, à interface entre a UNI-C e a UNI-N, como mostra a Figura 8.16.

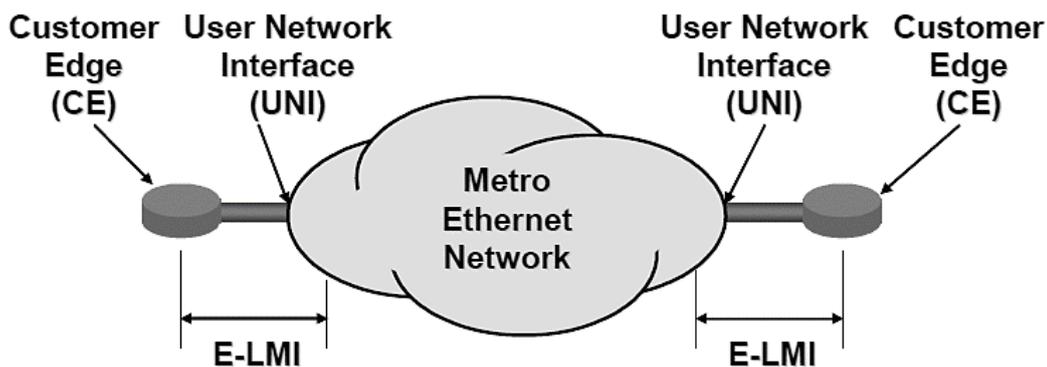


Figura 8.16 - Escopo do protocolo E-LMI (MEF 16, Overview).

O protocolo E-LMI inclui os seguintes procedimentos:

- Notificação ao CE da adição ou da desativação de uma EVC;
- Notificação ao CE do estado da disponibilidade de uma EVC configurada (ativa, não ativa ou parcialmente ativa);
- Comunicação ao CE dos atributos da UNI e da EVC.

### 8.3.2-Mensagens do Protocolo E-LMI

As mensagens do protocolo E-LMI são de dois tipos:

- Mensagens STATUS;
- Mensagens STATUS ENQUIRY.

As mensagens E-LMI podem conter de 46 a 1500 octetos (incluindo o PAD), transmitidas envelopadas em um quadro *Ethernet* no formato IEEE 802.3. Nesse caso, o endereço de origem é o endereço MAC da estação ou da porta que envia a mensagem.

O endereço de destino no protocolo E-LMI é sempre igual a 01-80-C2-00-00-07. O valor *EtherType* que identifica o E-LMI é igual a 0X88EE.

A Figura 8.17 representa o formato geral das mensagens E-LMI.

	OCTETO
<i>Elemento de Informação "Versão de Protocolo"</i>	1
<i>Elemento de Informação "Tipo de Mensagem"</i>	2
<i>Tipo de Relatório</i>	3,4,5
<i>Outros Elementos de Informação e de Sub-Informação requeridos</i>	6,...

Figura 8.17 - Formato geral das mensagens E-LMI (MEF 16, Overview).

O campo *Other Information and Sub-Information Element as Required* contém as informações de status solicitadas pelo CE (por uma mensagem STATUS ENQUIRY) e transmitidas pela rede Carrier Ethernet (por uma mensagem STATUS). Tais informações dizem respeito, por exemplo, aos estados da UNI e da EVC e ao mapeamento CE-VLAN ID/EVC.

Para maiores detalhes, recomenda-se aos leitores a consulta ao padrão MEF 16.

### 8.3.3-Interação entre SOAM FM e E-LMI

A interação entre SOAM FM e E-LMI, definida na Seção 9.2 do padrão MEF 30.1, possibilita que falhas detectadas por SOAM FM sejam comunicadas ao usuário por meio de E-LMI. Esse procedimento justifica-se no caso de equipamento de usuário que não suporta SOAM FM.

São de particular interesse falhas ocorridas em uma EVC que possam ser comunicadas aos CEs em todos os extremos da EVC, utilizando-se para isso o elemento de informação *EVC Status* definido na Seção 5.3.3.7 do padrão MEF 16.

Uma falha detectada por SOAM FM deve resultar no envio de uma mensagem *Asynchronous Status*, das UNIs-N para as respectivas UNIs-C. Essas mensagens devem conter o elemento de informação *EVC Status*, que indica o estado atual da EVC.

Existem três possíveis valores para o estado de uma EVC configurada:

- EVC Ativa;
- EVC Parcialmente Ativa;
- EVC não Ativa.

O estado EVC Parcialmente Ativa é aplicável a EVCs multiponto a multiponto quando parte das UNIs não se encontra operacional.

Em todos os estados a EVC encontra-se no mapa CE-VLAN ID/EVC, mas as suas condições operacionais dependem do valor de seu estado.

O padrão MEF 30.1 especifica também a interação entre SOAM FM e E-LMI para o caso de utilização de UTA (*UNI Tunnel Access*) definido no padrão MEF 28. Torna-se possível a interação normal entre SOAM FM e E-LMI em UNIs-N na presença de RUNIs (*Remote UNIs*), embora não seja possível que a RUNI conheça o estado de cada EVC multiplexada.

Além disso, uma UNI-C conectada a uma RUNI não pode utilizar E-LMI para saber o estado de sua EVC, porque mais de uma EVC pode estar associada à ME do UTA.

## CAPÍTULO 9

### OAM, RECUPERAÇÃO E GERENCIAMENTO

#### 9.1-PREÂMBULO

O presente capítulo tem como propósito apresentar os seguintes tópicos relativos a redes e serviços Carrier Ethernet:

- OAM (*Operations, Administration and Maintenance*);
- Recuperação de serviço (proteção e restauração);
- Gerenciamento de Rede.

OAM de Serviço (SOAM) em Carrier Ethernet tem como base os padrões MEF 17, MEF 30.1 e MEF 35.1, que se fundamentam no padrão IEEE 802.1Q-2014 e na Recomendação ITU-T Y.1731, enquanto OAM de Link fundamenta-se na Cláusula 57 do padrão IEEE 802.3-2012.

O item 9.2 deste livro alicerça-se nos padrões referidos no parágrafo anterior.

O item 9.3 do presente capítulo é endereçado à recuperação (proteção e restauração) de redes Carrier Ethernet quando da ocorrência de falhas. Proteção de redes, em particular, fundamenta-se nos padrões MEF 2 e MEF 32, aqui considerados.

Gerenciamento de Redes Carrier Ethernet tem como suporte diversos padrões MEF. Para o item 9.4 deste livro foram considerados os padrões MEF 7.3, MEF 15, MEF 31 e MEF 40.

#### 9.2-OPERATIONS, ADMINISTRATION AND MAINTENANCE

*Operations, Administration and Maintenance* (OAM) pode ser utilizado para o gerenciamento de infraestruturas de rede e dos serviços providos por essas infraestruturas.

OAM pode ser dividido em duas categorias:

- OAM de Link (LOAM);
- OAM de Serviço (SOAM).

OAM de Link (LOAM) aplica-se em links físicos interconectando dois dispositivos, nos termos da Cláusula 57 do padrão IEEE 802.3-2012, que será vista adiante neste item.

SOAM em Carrier Ethernet aplica-se para serviços Carrier Ethernet fim a fim, nos termos dos padrões MEF 17, MEF 30.1 (complementado pelo padrão MEF 30.1.1) e MEF 35.1.

Observa-se que LOAM é aplicável em qualquer link físico de uma rede Carrier Ethernet, mas a sua aplicação é especialmente importante nos links críticos envolvendo UNIs e ENNIs. Essa aplicação restringe-se ao nível dos links físicos, não podendo ser estendida para o nível de serviço.

SOAM, ao contrário, provê a funcionalidade de OAM para o nível de serviço, de forma fim a fim através da rede, podendo distribuir essa funcionalidade entre diferentes organizações administrativas (usuários, provedores de serviço e operadores de rede).

Para uma visão mais completa de LOAM e de SOAM em redes Ethernet (ou seja, de EOAM), que constitui a base de OAM em Carrier Ethernet, sugere-se aos leitores consultar o livro *Novas Tecnologias de Redes Ethernet*, dos próprios autores do presente livro, publicado pela Editora Elsevier.

### 9. 2. 1 – OAM de Link (LOAM)

Conforme menção anterior neste capítulo, LOAM em redes Ethernet, e por extensão em Carrier Ethernet, encontra-se definido na Cláusula 57 do padrão IEEE 802.3-2012.

As edições do padrão IEEE 802.3 a partir de 2008 incluem as cláusulas referentes a Ethernet para redes de acesso de usuários (*Ethernet Subscriber Access Networks*), que obsoletaram e incorporaram os termos do padrão IEEE 802.3ah-2004 (*Ethernet in the First Mile – EFM*).

A cláusula 57 (*Operations, Administration, and Maintenance*) da Seção 5 da última versão do padrão IEEE 802.3 (de 2012) incorporou funções de OAM com o propósito de prover mecanismos para a monitoração da operação de links (ou seja, de LOAM), com propósitos tais como indicação de falhas e *loopback* remoto.

De maneira geral, as funções de OAM possibilitam aos operadores de redes monitorar a saúde da rede e determinar rapidamente a localização de enlaces com defeitos ou pontos de falha. As funções de OAM descritas na cláusula 57 do padrão IEEE 802.3 fornecem mecanismos que complementam aplicações eventualmente localizadas nas camadas mais altas.

As informações de OAM de Link são contidas em quadros designados como OAMPDUs. As OAMPDUs contêm as informações apropriadas de controle e de status usadas para monitorar, testar e diagnosticar falhas em links que suportam OAM. As OAMPDUs trafegam por um único enlace, entre entidades pares de OAM.

As OAMPDUs são do tipo *Slow Protocol*. O conceito de *Slow Protocols* tem como base o anexo 57A do padrão IEEE 802.3-2012 (Cláusula 5), que define os requisitos para o suporte desse tipo de protocolo.

LOAM definido no padrão IEEE 802.3-2012 não inclui funções tais como gerência de estações, alocação de bandas passantes e provisionamento. Ela tem como propósito atender as funções de OAM em links ponto a ponto ou em links ponto a ponto emulados (como nas EPONs).

LOAM inclui as seguintes funcionalidades:

- Descobrimiento de Links
- Indicação remota de falhas;
- *Loopback* remoto;
- Monitoramento de links;
- Outros (*miscellaneous*).

Em Carrier Ethernet, LOAM é mais relevante em links que constituem a UNI e a ENNI, embora possa ser aplicado em qualquer link da rede. O suporte a LOAM é requerido em UNIs tipo 2.2 e em ENNIs, como especificado no padrão MEF 20 e no padrão MEF 26.2, respectivamente.

### 9.2.2 – OAM de Serviço (SOAM)

SOAM é a categoria de OAM aplicável a serviços (serviços Carrier Ethernet, no caso do presente item) fim a fim, como será visto adiante.

A aplicação de SOAM em Carrier Ethernet é especificada nos seguintes padrões MEF:

- Padrão MEF 17 (*Service OAM Requirements Framework – Phase 1*);
- Padrão MEF 30.1 (*Service OAM Fault Management Implementation Agreement Phase 2*);
- Padrão MEF 30.1.1 (*Amendment to SOAM FM IA*);
- Padrão MEF 35.1 (*Service OAM Performance Monitoring Implementation Agreement*).

Os padrões MEF aplicáveis a SOAM, por sua vez, fundamentam-se nos seguintes padrões:

- Recomendação ITU-T G.8013/Y.1731 (*OAM Functions and Mechanisms for Ethernet Networks*);
- Padrão IEEE 802.1Q-2014 (*Bridges and Bridged Networks*).

A Recomendação ITU-T G.8013/Y.1731 define SOAM de forma global, incorporando tanto SOAM CFM (*Connectivity Fault Management*), também referido simplesmente como SOAM FM, quanto SOAM PM (*Performance Monitoring*).

As Cláusulas 18, 19, 20, 21 e 22 do padrão IEEE 802.1Q-2014 obsoletaram e substituíram o padrão IEEE 802.1ag. Observa-se que esse padrão, assim como as Cláusulas do padrão IEEE 802.1Q-2014 acima mencionadas, tratam apenas de SOAM CFM, não incorporando, portanto, SOAM PM.

### 9.2.3 –Estrutura, Componentes e Requisitos em SOAM

O tema de que trata o presente subitem fundamenta-se no padrão MEF 17 (*Service OAM Framework and Requirements*). Esse padrão tem como propósito apresentar a estrutura de SOAM com base na definição dos seus componentes, assim como os requisitos necessários para o desempenho de SOAM.

O padrão MEF 17 limita-se à especificação de requisitos e da estrutura de tratamento desses requisitos para mecanismos de SOAM em redes da Camada de Serviços Ethernet (*ETH Layer*), não cobrindo as demais camadas de arquitetura de Carrier Ethernet nem tampouco a interface OAM entre os elementos da rede Carrier Ethernet os EMSs (*Element Management Systems*) e os NMS (*Network Management Systems*).

Foram definidos os seguintes componentes de OAM:

- Entidade de Manutenção (ME);
- Grupo de Entidades de Manutenção (MEG) / Associação de Manutenção (MA);
- Ponto de Terminação de MEG (MEP);
- Ponto Intermediário de MEG (MIP);
- Ponto de Condicionamento de Tráfego (TrCP);
- Domínio de Manutenção;
- Tipos e Níveis de MEG.

O padrão MEF 17 define 21 requisitos de OAM, distribuídos pelos seguintes aspectos:

- Descobrimto;
- Conectividade;
- Desempenho de Taxa de Perda de Quadros (FLR);
- Desempenho de Retardo de Quadros (FD);
- Desempenho de Variação de Retardo de Quadros (FDV);
- Transparência de OAM de Serviço;
- Execução do Plano de Dados;
- Independência da Camada TRAN (*TRAN-Layer*);
- Independência da Camada APP (*APP-Layer*).

Observa-se que os fluxos de Quadros de Dados de OAM são distintos dos fluxos de trânsito de Quadros de Dados de Usuário.

#### 9.2.3.1 -Entidade de Manutenção (ME)

Uma ME representa uma entidade de OAM que requer gerenciamento e que se constitui essencialmente em uma associação entre dois Pontos Finais de Manutenção em um Domínio de OAM. Como será visto adiante, tais pontos finais são referidos como MEPs.

A Figura 9.1 apresenta os tipos de ME ponto a ponto tipicamente envolvidos nos diferentes Domínios de OAM.

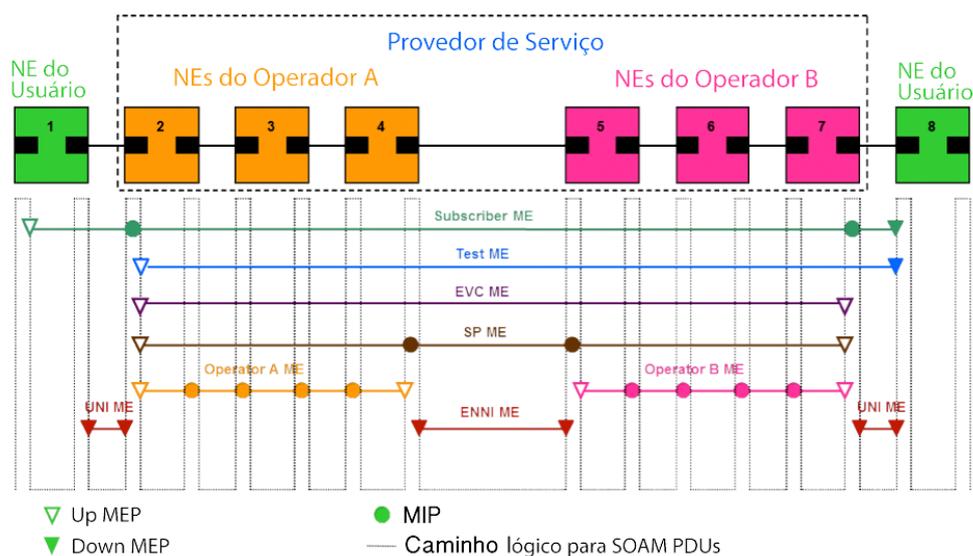


Figura 9.1 – Tipos de ME (MEF 30.1, Figura 1).

Como se observa nessa figura, foram apresentados os seguintes tipos de ME:

- ME de Usuário;
- ME de Teste;
- ME de EVC;
- ME de Provedor de Serviço (SP ME);
- ME de Operador;
- ME de NNI;
- ME de UNI.

Na ME de UNI e na ME de ENNI, assim como nos links internos da *TRAN-Layer*, utiliza-se LOAM nos termos do subitem 9.2.1 anterior deste capítulo.

### 9.2.3.2-Grupo de MEs (MEG) / Associação de Manutenção (MA)

Um MEG, ou uma MA, é um conjunto de MEs que satisfazem as seguintes condições:

- Encontram-se no mesmo Domínio de OAM;
- Possuem o mesmo nível de MEG e o mesmo MEG ID;
- Pertencem a uma única conexão ETH ponto a ponto ou a uma única conectividade ETH multiponto.

Para uma conexão ETH ponto a ponto, um MEG contém apenas uma única ME.

Para uma conectividade ETH multiponto (como a que existe em uma EVC multiponto), um MEG contém múltiplas MEs. Como as MEs são definidas aos pares, um MEG com  $n$  pontos finais é constituído por  $n(n-1)/2$  MEs.

Cada MEG possui um Identificador de MEG (MEG ID) conforme a terminologia da Recomendação ITU-T Y-1731. No padrão IEEE 802.1Q-2014, esse identificador é referido como MAID, onde MA (*Maintenance Association*) é sinônimo de MEG.

O padrão MEF 30.1 utiliza a terminologia da Recomendação ITU-T Y-1731 como regra geral, utilizando portanto as denominações MEG e MEG ID.

No entanto, o padrão MEF 30.1 utiliza também, para maior facilidade, as denominações MA e MAID quando da especificação do formato do MEG ID / MAID.

Conforme o padrão IEEE 802.1Q-2014, o MEG ID / MAID possui dois componentes, que são *MD Name* e o *Short MA Name*. O padrão MEF 30.1 adota o MEG ID / MAID exclusivamente com o componente *Short MA Name*, sem a presença do *MD Name* portanto.

### 9.2.3.3 -Ponto Final de MEG (MEP)

Na terminologia da Recomendação ITU-T Y.1731, MEPs são os Pontos de Manutenção Finais (MPs) que se encontram nos extremos de uma ME. Os MEPs são capazes de iniciar e de terminar a transmissão de quadros de OAM para gerenciamento de falhas e monitoração de desempenho.

Os MEPs podem ser criados em uma porta de bridge ou em um ponto de conexão de uma estação final em uma LAN.

Um MEP pode se constituir em um *Up MEP* ou em um *Down MEP*.

Um *Up MEP* troca OAM PDUs através da *Bridge Relay Entity* da bridge na qual esse *Up MEP* se localiza.

Um *Down MEP*, diferentemente, troca OAM PDUs diretamente através do link da rede ao qual esse *Down MEP* se conecta.

A definição e a localização de *Up MEP* e de *Down MEP* encontram-se ilustradas na Figura 9.2 (assim como na Figura 9.1 anterior).

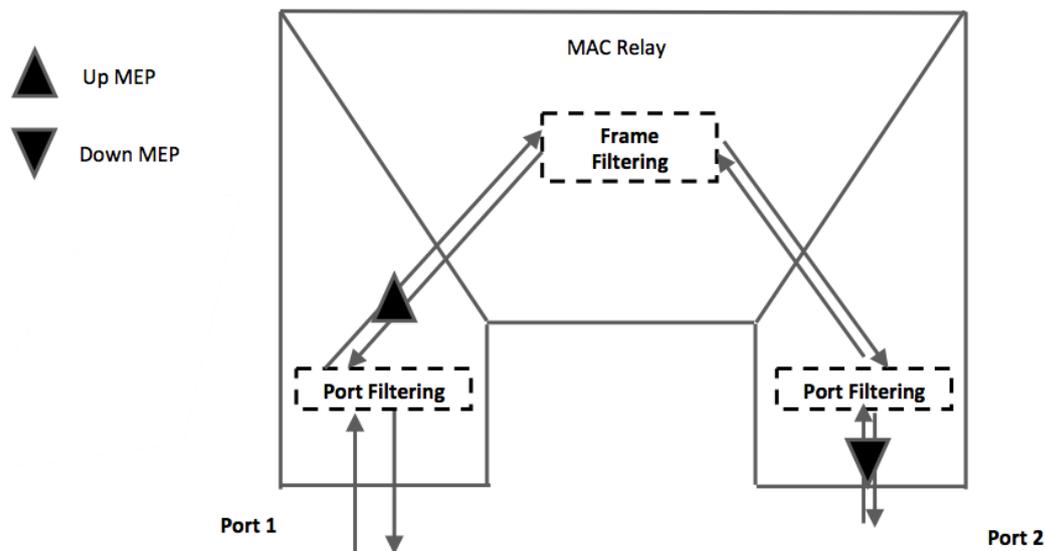


Figura 9.2 -Definição e localização de *Up MEP* e de *Down MEP* (MEF 35.1, Overview)

#### 9.2.3.4 -Ponto Intermediário de MEG (MIP)

Na terminologia da Recomendação ITU-T Y.1731, MIPs são Pontos de Manutenção (MPs) que se localizam em pontos intermediários no interior de uma ME.

Embora incapazes de iniciar ou de terminar a transmissão de certos quadros de OAM, os MIPs podem reagir quando da passagem de determinados tipos de quadro de OAM. Essa reação pode significar inclusive a geração de certas OAM PDUs em resposta a OAM PDUs recebidas.

O padrão IEEE 802.1Q-2014 estabelece que um MIP pode dividir-se em duas MHFs (*MIP Half Functions*), sendo uma a *Up MHF* e a outra a *Down MHF*.

Os conceitos de *Up MHF* e de *Up MEP* são equivalentes, o mesmo ocorrendo com os conceitos de *Down MHF* e *Down MEP*.

#### 9.2.3.5 -Ponto de Condicionamento de Tráfego (TrCP)

TrCP é um ponto em um domínio de fluxo ETH capaz de realizar funções de condicionamento nos respectivos fluxos ETH, conforme especificação na Recomendação ITU-T G.8010. Tais funções realizam os seguintes processos em quadros Ethernet nesses fluxos ETH:

- Classificação: esse processo classifica cada quadro Ethernet;
- Medição: esse processo registra cada quadro Ethernet dentro de sua classe, com o propósito de determinar a sua elegibilidade e a sua eventual ordem de precedência para descarte;
- Policiamento: esse processo policia os quadros de dados de acordo com o registro resultante de sua medição. Existem apenas duas ações, que são a transmissão ou o descarte de quadros.

### 9.2.3.6 -Nível de MEG

Pode ocorrer a definição de MEGs hierarquizados (*nested*) em configurações de redes Carrier Ethernet.

É possível a identificação dos diferentes níveis hierárquicos dos MEGs definidos com base no próprio encapsulamento da *ETH-Layer*.

Quando isso não é aplicável, torna-se necessária a atribuição de um Nível de MEG a cada MEG hierarquizado, para explicitar o seu nível hierárquico.

O nível de MEG de cada MEG hierarquizado consta de todas as respectivas OAM PDUs. Com esse propósito, foi especificado um campo MEL (*MEG Level*) para essas PDUs, com três bits, do que resulta a possibilidade de atribuição de até oito valores de nível de MEG.

Os oito valores de nível de MEG podem ser compartilhados entre fluxos de OAM de usuários, de provedores de serviço e de operadores de rede.

A distribuição default desses valores é a seguinte:

- Três níveis para usuários: níveis 7,6 e 5;
- Dois níveis para provedores de serviço: níveis 4 e 3;
- Três níveis para operadores de rede: níveis 2, 1, e zero.

Essa distribuição default pode ser alterada mediante acordo entre as partes. A Figura 9.3 apresenta os Níveis de MEG default.

TIPO DE MEG	NÍVEL DE MEG DEFAULT
MEG de Usuário	6
MEG de Teste	5
MEG de EVC	4
MEG de Provedor de Serviço (SP)	3
MEG de UTA de SP	3
MEG de Operador de Rede	2
MEG de UNI	1
MEG de ENNI	1
MEG de LAG de Link de UNI	0
MEG de LAG de Link de ENNI	0

Figura 9.3 – Níveis de MEG default (MEF 30.1, Tabela 3).

Observa-se, nessa figura, que o MEG de Provedor de Serviço (SP MEG) e o SP MEG com UTA, utilizam o mesmo Nível de MEG (Nível de MEG 3). O mesmo ocorre com o MEG de UNI e o MEG de ENNI (ambos utilizando o Nível de MEG 1), assim como com o MEG de Link de LAG em UNI e o MEG de Link de LAG em ENNI (ambos utilizando o Nível de MEG zero).

A Figura 9.4 ilustra o posicionamento dos Níveis de MEG default com relação às MEs.

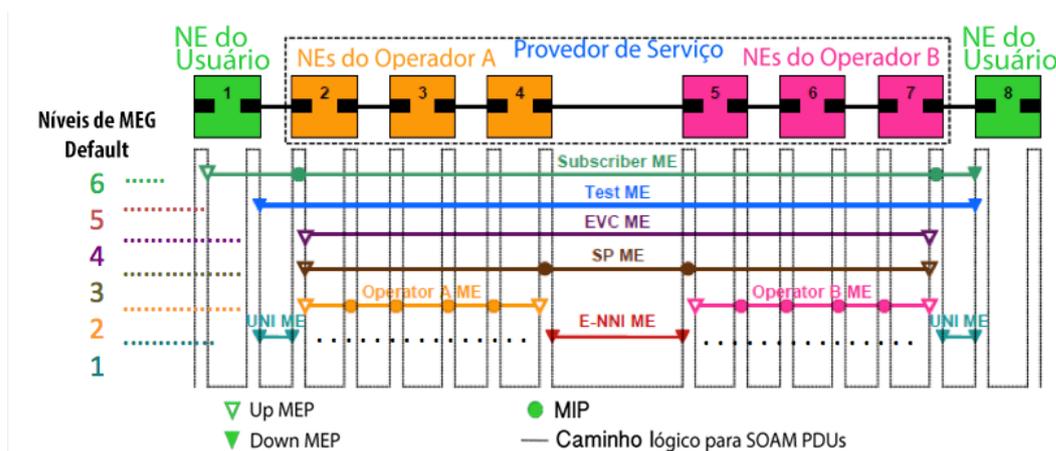


Figura 9.4 – Níveis de MEG e MEs (MEF 35.1, Overview).

Observa-se que nessa figura não consta o Nível de MEG zero, que corresponde ao MEG de Link de LAG em UNI e ao MEG de Link de LAG em ENNI, que se encontra relacionado na Figura 9.3 anterior.

Quadros de OAM referentes a um MEG de um determinado nível podem ser transportados transparentemente através de MEGs com níveis de MEG inferiores.

### 9.2.3.7 – Domínio de OAM

Um Domínio de OAM é definido como uma rede ou uma subrede, operando na *ETH-Layer* sob a responsabilidade de uma única entidade administrativa, no interior da qual os quadros de OAM podem ser intercambiados.

Cada usuário, provedor de serviço ou operador de rede é tipicamente associado a uma fronteira administrativa. Um Domínio de OAM determina a abrangência de fluxos de OAM através dessas fronteiras administrativas.

Domínios de OAM podem ser hierarquizados mas não podem se sobrepor parcialmente.

A Figura 9.5 apresenta uma ilustração dos Domínios de OAM hierarquizados, que são os Domínios de OAM de Usuário, de Provedor de Serviço e de Operador de Rede.

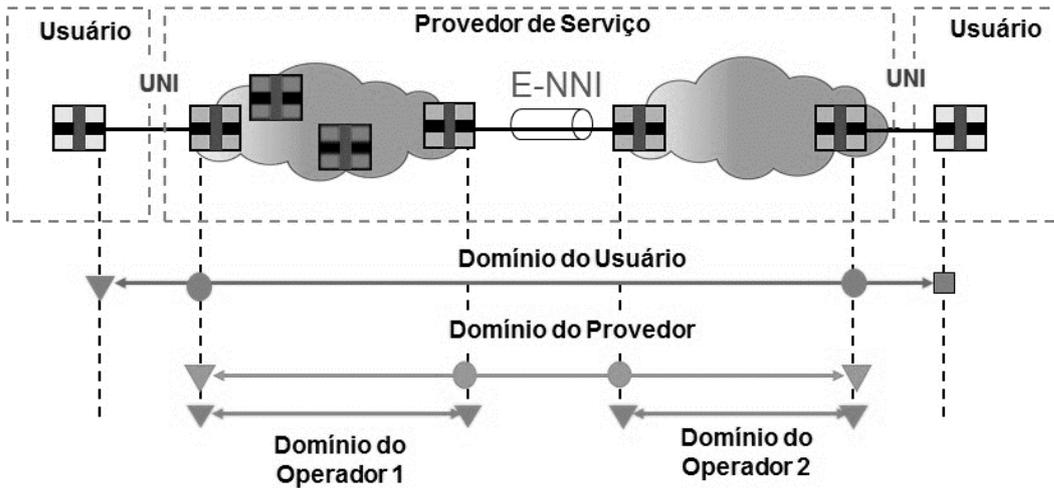


Figura 9.5 – Domínios de OAM hierarquizados (MEF 30.1, Overview).

Um Domínio de OAM de Usuário pode sobrepor-se completamente a múltiplos Domínios de OAM de Provedor de Serviço. Nesse caso, os Domínios de OAM de Provedor de Serviço devem se apresentar de forma transparente para o Domínio de OAM de Usuário que os sobrepõe.

Da mesma forma, e nas mesmas condições, um Domínio de OAM de Provedor de Serviço pode sobrepor-se completamente a múltiplos Domínios de OAM de Operador de Rede.

A Figura 9.6 ilustra um Domínio de OAM (SOAM) de Provedor de Serviço que consiste em um MEG contendo as MEs de uma EVC multiponto a multiponto.

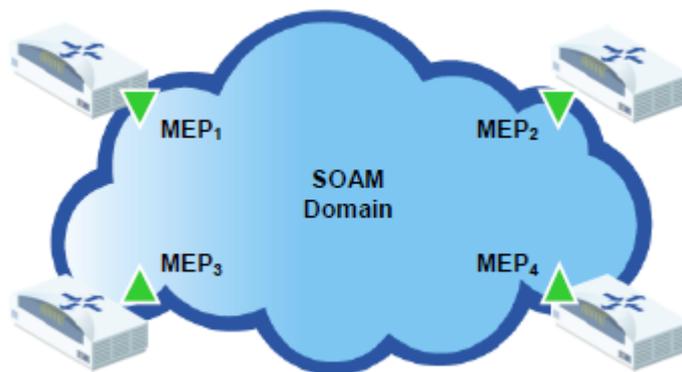


Figura 9.6– Domínio de OAM relativo a uma EVC multiponto a multiponto (MEF 30.1, Figura 2).

O Domínio de OAM dessa figura consiste em um MEG (*ME Group*) englobando seis MEs:  $\{\{MEP_1, MEP_2\}, \{MEP_1, MEP_3\}, \{MEP_1, MEP_4\}, \{MEP_2, MEP_3\}, \{MEP_2, MEP_4\}, \{MEP_3, MEP_4\}\}$ .

### 9.2.3.8 – Mapeamento entre Terminologias

Em parágrafos anteriores do presente item foram mencionadas algumas diferenças entre as terminologias da Recomendação ITU-T Y.1731 e do padrão IEEE 802.1Q-2014 relativas a OAM. Foram mencionadas também as opções adotadas pelo MEF nos padrões MEF 30.1 e MEF 35.1, quanto a essas diferenças.

A Figura 9.7 apresenta um sumário do mapeamento entre essas terminologias, bem como das opções adotadas pelo MEF.

ITU-T Y.i731	IEEE 802.1Q-2014	MEF 30.1/35.1
Grupo de Entidades de Manutenção (MEG)	Associação de Manutenção (MA)	MEG
Identificador de MEG (MEG ID)	Identificador de MA (MAID)	MEG ID e MAID
-	Domínio de Manutenção (MD)	Utiliza MD apenas na descrição do formato do MAID
Nível de MEG (MEG Level)	Nível de MD (MD Level)	Nível de MEG

Figura 9.7 –Mapeamento entre terminologias (MEF 30.1,Tabela 5).

### 9.2.4 – Tipos de MEG

Na Figura 9.3 anterior deste item estão relacionados os diferentes tipos de MEG, com os respectivos níveis.

O presente subitem tem como objetivo apresentar sumariamente o significado de cada um desses tipos de MEG.

#### 9.2.4.1 -MEG de Usuário (Nível 6)

MEGs de Usuário iniciam e terminam em UNI-Cs, não sendo expressa qualquer preferência pelo tipo de MEP utilizado (*Up MEP* ou *Down MEP*).

Uma UNI-C DEVE ser capaz de suportar um MEP em um MEG de Usuário para cada EVC configurada. Por outro lado, uma UNI-N DEVERIA ser capaz de habilitar um MIP para cada MEG de Usuário que suporta.

Para que um MIP de MEG de Usuário seja instanciado em uma UNI-N, é necessário que o atributo de serviço *Subscriber MEG MIP*, que é um atributo de EVC por UNI, esteja Habilitado (*Enabled*) para a correspondente UNI e a correspondente EVC. Essa instanciação auxilia na localização de falhas por *SOAM Linktrace*.

### 9.2.4.2 -MEG de Teste (Nível 5)

O MEG de Teste é utilizado pelo provedor de serviço para a localização de problemas reportados pelo usuário ou para a realização de testes de ativação.

MEPs em MEGs de teste PODEM ser *Up MEPs* ou *Down MEPs*, de acordo com as condições.

MEGs de Teste utilizam um dos MEPs no equipamento do usuário (UNI-C) e o outro MEP localizado em algum ponto no interior da rede do provedor de serviço.

Para que o serviço seja capaz de suportar um MEG de Teste, é necessário que o atributo de serviço *Test MEG*, que é um atributo de EVC por UNI, esteja Habilitado para a correspondente UNI e a correspondente EVC.

A ME de Teste (ou o MEG de Teste ponto a ponto) na Figura 9.1 anterior neste item, por exemplo, está localizada entre um *Up MEP* na UNI-N do lado esquerdo da figura, e um *Down MEP* na UNI-C do lado direito.

Existem, contudo, outras alternativas para a localização do MEG de Teste, como mostra o exemplo da Figura 9.8.

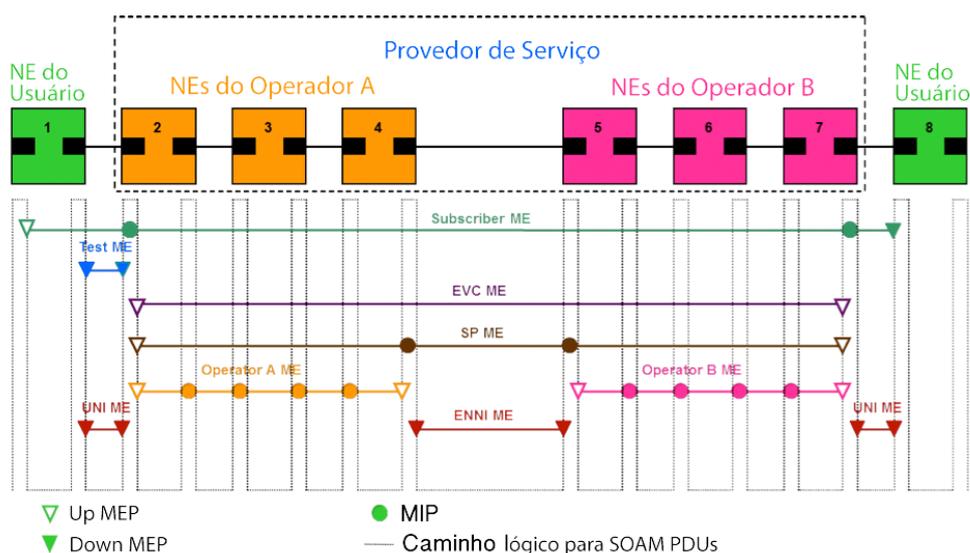


Figura 9.8 – Exemplo com a localização do MEG de Teste na UNI (MEF 30.1, Figura 4).

Nessa figura, um único MEG de Teste encontra-se localizado na UNI do lado esquerdo da figura, coincidindo, portanto, com o respectivo MEG de UNI.

O MEG de Teste não se encontra ativo em todo o tempo, sendo utilizado, geralmente, sob demanda.

Se um ou mais MEGs de Teste forem suportados em um CE, uma UNI-C DEVE ser capaz de suportar no mínimo um MEP em cada MEG de Teste, e DEVERIA preferencialmente ser capaz de suportar um MEP em cada MEG de Teste para cada EVC configurada.

Quando o CE que implementa a UNI-C for uma bridge IEEE 802.1Q, o MEP correspondente ao MEG de Teste em uma UNI-C DEVERIA ser um *Down MEP*.

O padrão MEF 30.1 especifica requisitos para MEGs de Teste em EVCs ponto a ponto. MEGs de Teste para EVCs multiponto ficaram fora do escopo da atual versão desse padrão.

#### 9.2.4.3 -MEG de EVC (Nível 4)

Um MEG de EVC tem por objetivo prover a visão mais completa da EVC. Os MEPs no MEG de EVC DEVEM ser localizados o mais perto possível da UNI.

Tanto uma UNI-N quanto uma VUNI DEVEM ser capazes de habilitar um MEP para cada MEG de EVC associada a cada EVC.

Por default, um MEG de EVC DEVERIA possuir um *Up MEP* localizado em uma UNI-N ou em uma VUNI.

Uma ENNI-N DEVERIA ser capaz de habilitar um MIP em qualquer MEG de EVC que atravesse a respectiva ENNI.

Uma UNI-N DEVERIA ser capaz de suportar um número mínimo de MEPs em MEGs de EVC em função da interface física utilizada, conforme a seguinte relação;

- 10/100 Mbits/s: mínimo de 8 MEPs;
- 1 Gbit/s: mínimo de 64 MEPs;
- 10 Gbits/s: mínimo de 512 MEPs.

#### 9.2.4.4 -MEG de Provedor de Serviço (Nível 3)

Um MEG de Provedor de Serviço (MEG de SP) é utilizado para monitorar uma SP-EC (*Service Provider Ethernet Connection*). Uma SP-EC representa uma conexão Ethernet para o fluxo de dados correspondente a um CE-VLAN ID entre as UNI-Ns da EVC identificada por esse CE-VLAN ID (e possivelmente identificada também por outro CE-VLAN ID ou por outros CE-VLAN IDs).

Um MEG de SP monitora normalmente a mesma porção de uma rede que um MEG de EVC, um MEG de operador, ou ambos.

Existem certas circunstâncias, contudo, onde não se verifica essa correspondência, como por exemplo, quando uma configuração de *UNI Tunnel Access* (UTA) é utilizada como na figura 9.9.

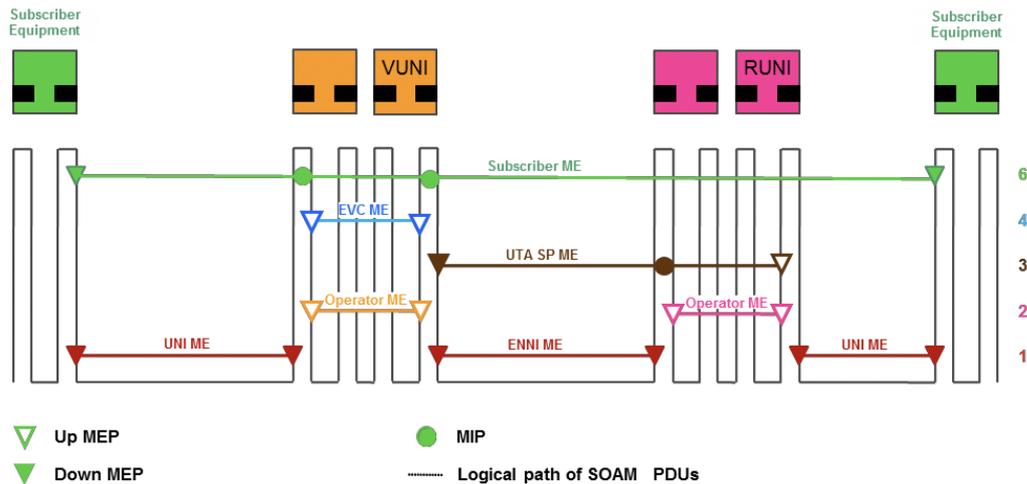


Figura 9.9

**-Exemplo de MEG de SP com UTA (MEF 30.1, Figura 5).**

Como se verifica no exemplo ilustrado nessa figura, a ME de SP com UTA (ou o MEG de SP com UTA) não engloba a ME de Operador de Rede onde se localiza a RUNI.

O MEP da ME de SP na VUNI DEVERIA ser um *Down MEP*, enquanto o MEP dessa ME na RUNI DEVERIA ser um *Up MEP*.

Um MEG de SP constitui-se em uma ferramenta apropriada de monitoração quando a correspondência entre o MEG de SP e o MEG de EVC e/ou o MEG de Operador não existe, como no exemplo da Figura 9.9 anterior.

Uma ENNI-N DEVERIA ser capaz de habilitar um MIP em qualquer MEG SP que atravesse a respectiva ENNI.

Uma UNI-N, uma VUNI ou uma RUNI DEVE ser capaz de suportar um MEP em um MEG de SP. Tal MEP DEVERIA ser um *Up MEP*.

**9.2.4.5 -MEG de Operador (Nível 2)**

Se um operador de serviço deseja monitorar uma OVC, a utilização de um MEG de Operador se torna apropriada.

Uma ENNI-N DEVE ser capaz de habilitar um MEP em cada MEG de Operador que nela termine. Tal MEP DEVERIA ser um *Up MEP*.

Uma UNI-N ou uma VUNI DEVE ser capaz de habilitar um MEP no MEG de Operador associado a cada OVC ou EVC que nela termine. Tal instância de MEP DEVERIA ser um *Up MEP*.

**9.2.4.6 -MEG de UNI (Nível 1)**

Um MEG de UNI possibilita a monitoração da conectividade entre a UNI-C e a UNI-N.

Para que uma UNI seja capaz de suportar um MEG de UNI, é necessário que o atributo de serviço UNI MEG, que é um atributo de UNI, esteja Habilitado. Isso significa que tanto a UNI-C quanto a UNI-N devem ser capazes de suportar

um MEP na MEG de UNI, independentemente do fato de haver ou não uma EVC configurada para a UNI.

Quando não existe LAG, um MEG de UNI Baseado em Porta DEVE suportar quadros de SOAM *untagged*.

Um MEG de UNI Baseado em Porta PODE suportar quadros de SOAM *C-tagged*. Nesse caso, um valor default de VLAN-ID igual a 4091 DEVERIA ser utilizado.

O default para MEGs de UNI DEVERIA ser a utilização de quadros de SOAM *untagged*.

Quando o CE que implementa a UNI-C é uma bridge IEEE 802.1Q, o MEP correspondente ao MEG de UNI na UNI-C DEVERIA ser um *Down MEP*.

Uma UNI-N DEVE ser capaz de suportar um MEP em um MEG de UNI, ainda que não exista qualquer EVC configurado na respectiva UNI.

Quando o CE que implementa a UNI-N é uma bridge IEEE 802.1Q, o MEP correspondente ao MEG de UNI na UNI-N DEVERIA ser um *Down MEP*.

#### **9.2.4.7 -MEG de ENNI (Nível 1)**

Um MEG de ENNI permite monitorar a conectividade entre ENNIs-N adjacentes.

Os requisitos gerais aplicáveis para um MEG de ENNI são os mesmos que os aplicáveis para um MEG de UNI. Os requisitos aplicáveis para um MEG de ENNI em uma ENNI-N são os mesmos que os aplicáveis para um MEG de UNI em uma UNI-N.

#### **9.2.4.8 -MEG de LAG e MEG de Link de LAG (Nível 0)**

Tendo em vista o padrão IEEE 802.1AX relativo à agregação de links, o padrão MEF 30.1 introduziu, com relação à sua versão anterior (padrão MEF 30), os conceitos de MEG de LAG (MEG de LAG de UNI e MEG de LAG de ENNI) e de MEG de Link de LAG (de UNI ou de ENNI).

MEG de LAG de UNI e MEG de LAG de ENNI são, simplesmente, tipos de MEG de UNI e de MEG de ENNI, respectivamente, quando existe agregação de links.

Assim, os requisitos para MEGs de UNI e para MEGs de ENNI aplicam-se, respectivamente, a MEG de LAG de UNI e a MEG de LAG de ENNI, com exceção dos requisitos aplicáveis a UNIs/ENNIs Baseadas em Porta.

Um MEG de Link de LAG é utilizado para monitorar um link de LAG individualmente. Foram definidos o MEG de Link de LAG de UNI e o MEG de Link de LAG de ENNI.

#### **9.2.5 – Protocolos de SOAM-FM**

A cláusula 8 do padrão MEF 30.1 especifica os requisitos para os protocolos de SOAM FM específicos para cada um desses protocolos.

A Recomendação ITU-T Y.1731 e o padrão IEEE 802.1Q-2014 serviram de base, juntamente com o padrão MEF 17, para a elaboração do padrão MEF 30.1, particularmente da Cláusula 8. As definições contidas naqueles padrões são o suporte do presente subitem.

Serão abordadas, a seguir, as seguintes funções (protocolos) de SOAM-FM:

- Verificação de continuidade (ETH-CC);
- Indicação de defeito remoto (ETH-RDI);
- Sinal de indicação de alarme (ETH-AIS);
- *Loopback* (ETH-LB);
- *Linktrace* (ETH-LT);
- Sinal *locked* (ETH-LCK);
- Sinal de teste (ETH-Test);
- Falha de sinal de cliente (ETH-CSF).

#### 9.2.5.1 -Verificação de Continuidade (ETH-CC)

A função ETH-CC é usada em OAM proativo. Ela permite a detecção de perda de continuidade (LOC) entre qualquer par de MEPs em um MEG. Permite também a detecção das seguintes condições de defeito:

- Conectividade acidental entre dois MEGs (referida como *Mismerge*);
- Conectividade acidental dentro de um MEG com um MEP inesperado (referida como *Unexpected MEP*);
- Outras condições de defeito, tais como *Unexpected MEG Level*, *Unexpected Period*, etc..

A função ETH-CC é aplicável também para Monitoração de Desempenho e para aplicações de comutação de proteção.

A função ETH-CC utiliza as mensagens CCM (*Continuity Check Message*).

A Figura 9.10 ilustra a utilização de CCMs, antes da e após a ocorrência de uma falha na ME utilizada

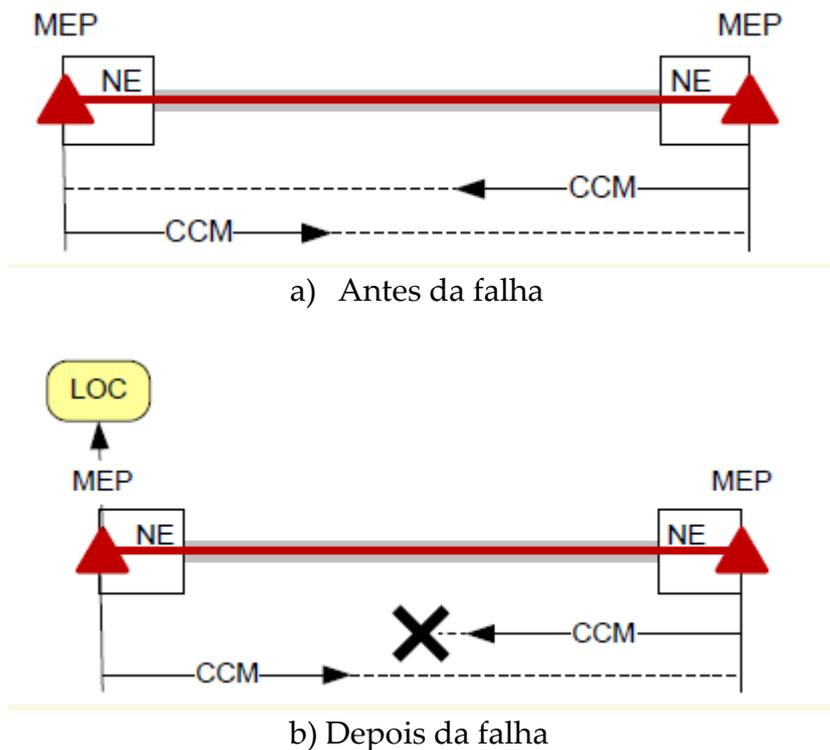


Figura 9.10 – Utilização de CCMs (Fujitsu).

Observa-se na parte **b** dessa figura, referente a fase após a ocorrência de uma falha na ME entre os MEPs, que no MEP da esquerda foi detectada uma perda de continuidade (*LOC-Loss Of Continuity*).

Alguns requisitos devem ser aplicados na implementação da função ETH-CC em um MEP para monitoração de serviço. Esses requisitos definem valores de protocolo default e as opções de protocolo requeridas para SOAM em serviços MEF.

Os MEPs DEVEM suportar CCMs e os processos associados. DEVERIAM também estar capacitados para serem configurados administrativamente para habilitar e desabilitar a transmissão de CCMs.

Os MIPs são transparentes a quadros CCM, não requerendo portanto qualquer tipo de configuração.

Como default, a transmissão de CCMs DEVERIA estar desabilitada em MEG de Usuário, MEG de Teste, MEG de EVC, SP-MEG e MEG de Operador. Por outro lado, DEVERIA estar habilitada como default em MEG de UNI e MEG de ENNI.

Um MEP DEVE suportar períodos de transmissão de quadros CCM de 1s e 10s. O valor default para um MEP em MEG de UNI e MEG de ENNI DEVERIA ser de 1 segundo, enquanto o valor default para um MEP nos demais níveis de MEG DEVERIA ser de 10 segundos.

Um MEP DEVERIA também suportar períodos de transmissão de quadros CCM de 3,33 ms, 10 ms e 100 ms.

O CoS ID das CCMs DEVERIA corresponder ao CoS que possibilita a menor perda de quadros possível.

Quando três CCMs consecutivas não são recebidas, é declarado o estado de falha de conectividade. O MEP que detecta a falha informa o sistema de gerenciamento, passa a enviar CCMs na direção oposta com o bit RDI setado e inicializa o processo de comutação de proteção.

### 9.2.5.2 -Sinal de Indicação de Defeito Remoto (ETH-RDI)

A função ETH-RDI (*Remote Defect Indication Signal*) não utiliza quadros próprios, sendo efetivada por meio de uma indicação em um campo RDI (um bit RDI, na realidade) específico contido em CCMs.

A função desse campo é a de oferecer a um MEP que detecta uma falha e que envia uma CCM no sentido oposto à falha, a possibilidade de indicar ao MEP par remoto a ocorrência dessa falha. Essa indicação é feita setando o bit RDI na CCM enviada.

O MEP que recebe a CCM com o bit RDI setado, infere a ocorrência da falha ao longo do caminho percorrido pela CCM por ele enviada.

A Figura 9.11 ilustra a utilização da função ETH-RDI em um MEG ponto a ponto.

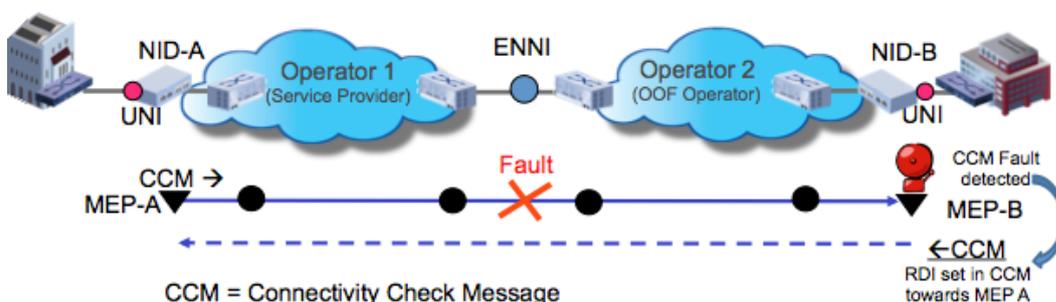


Figura 9.11 – Utilização da função ETH-RDI (MEF 30.1, Overview)

Como se observa nessa figura, o MEP B comunica ao MEP A a falha ocorrida no sentido de A para B, setando o bit RDI na primeira CCM enviada no sentido oposto. Verifica-se também que o uso da função ETH-RDI só é possível quando a falha ocorrida em um sentido de transmissão não afeta o sentido contrario.

Para o caso de conectividade ETH multiponto, no entanto, o MEP receptor de CCMs com a indicação RDI não é capaz de determinar qual MEP transmissor detectou a condição de defeito.

As informações de configuração requeridas por um MEP para suportar a função ETH-RDI são um subconjunto daquelas necessárias à função ETH-CC. Os MIPs são transparentes a essa função.

Quando a condição de defeito cessa, o MEP transmissor elimina a indicação de ETH-RDI, o que permite ao MEP receptor deletar a condição RDI quando do recebimento da primeira CCM sem essa indicação.

No caso de conectividade ETH multiponto, a condição RDI só é deletada pelo MEP receptor após o recebimento de CCMs de todos os seus MEPs pares sem indicação de RDI.

### 9.2.5.3 -Loopback (ETH-LB).

A função ETH-LB consiste em uma operação em demanda, que representa um meio pelo qual um MEP pode detectar e localizar falhas na ME a que pertence. A função ETH-LB é análoga à função *ICMP Ping* no IP.

Em conformidade com a Seção 8.3 do padrão MEF 30, uma Sessão LB começa a ocorrer quando a gerência da rede inicia a transmissão de *n* mensagens LBM (*Loopback Message*) periódicas de um MEP para um MIP ou para um MEP par.

Uma Sessão LB termina quando a última mensagem LBR (*Loopback Reply*) da sessão é recebida ou quando ocorre um *timeout*.

Cada MEP ou MIP par pode ser endereçado individualmente. Dessa forma, a falha detectada pode ser localizada pelo isolamento do trecho onde ocorreu.

A Figura 9.12 ilustra a utilização da função ETH-LB.

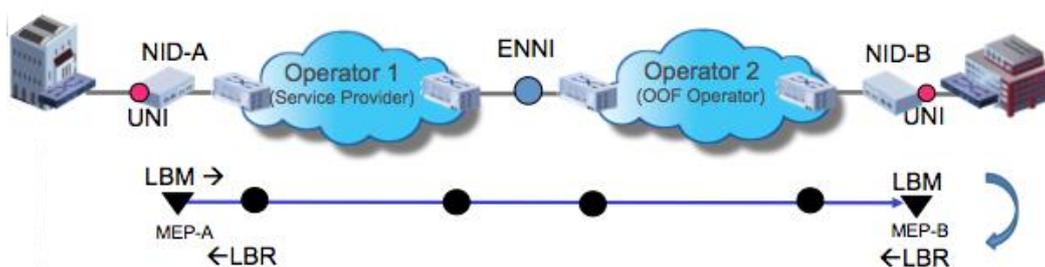


Figura 9.12 – Utilização da função ETH-LB (MEF 30.1, Overview).

Nessa figura, o MEP-A envia LBMs endereçadas ao MEP-B, que responde pelo envio de LBRs. Se o MEP-A não receber LBRs de acordo com o que foi programado, verifica-se uma falha na comunicação.

Um MEP DEVE suportar mensagens LBM/LBR e processos associados, como DEVE também suportar a capacidade de ser configurado administrativamente para iniciar e encerrar Sessões LB. Um MIP DEVE suportar mensagens LBM/LBR e processos associados.

O número de transmissões de LBMs em uma Sessão LB DEVE ser configurado na faixa de, no mínimo, 1 a 1024. O valor default DEVERIA ser igual a 3.

O intervalo de tempo entre transmissões de LBMs em uma Sessão LB DEVE ser configurado na faixa de zero a 60 segundos. O valor default DEVERIA ser igual a 1 segundo.

#### 9.2.5.4 -Linktrace (ETH-LT)

A Seção 8.4 do padrão MEF 30.1 especifica requisitos a serem aplicados na implementação da função ETH-LT como uma operação em demanda, que ocorre em um MEP, para *troubleshooting* de serviço. A função ETH-LT é análoga à função *Traceroute* no IP.

A função ETH-LT aplica-se com os seguintes propósitos:

- Recuperação de relação de adjacência;
- Localização de falhas.

A função ETH-LT realiza-se por meio de mensagens LTM (*Linktrace Message*) e mensagens LTR (*Linktrace Reply*).

MEPs e MIPs devem suportar mensagens LTM/LTR e os processos associados. Ambos decrementam o TTL (*Time to Live*) e enviam a LTM ao MP seguinte.

A função ETH-LT pode ser utilizada para a localização de uma falha (em um link e/ou em um equipamento de rede, por exemplo) ou de um loop na rede. Nesse caso, alterações na sequência esperada de MIPs e/ou MEPs permitem a localização de falhas.

A Função ETH-LT realiza-se por meio de mensagens LTM (*Linktrace Message*) e mensagens LTR (*Linktrace Reply*).

No percurso de uma LTM, todos os MIPs envolvidos enviam uma LTR para o MEP de origem e para o MEP de destino. Dessa forma, torna-se mais rápida a localização do trecho onde ocorreu a falha. Nesse percurso, os MIPs e o MEP de destino decrementam, possivelmente, o valor de TTL da LTM.

A Figura 9.13 ilustra a utilização da função ETH-LT.

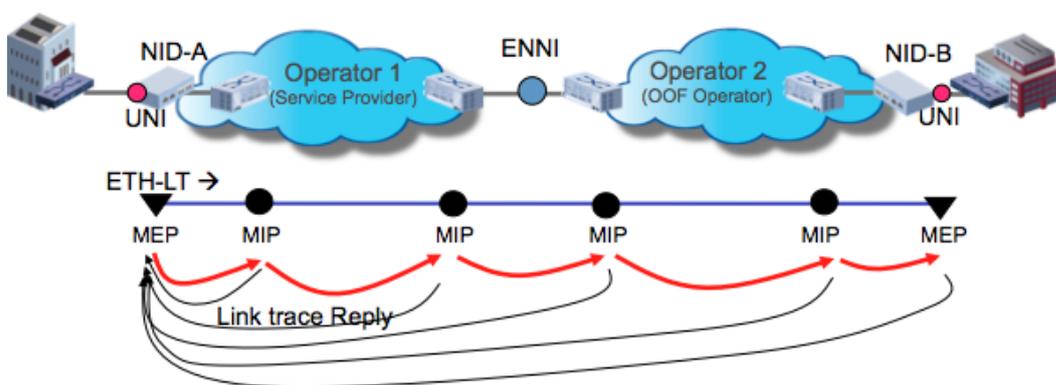


Figura 9.13 –Utilização da função ETH-LT (MEF 30.1, Overview).

#### 9.2.5.5 -Sinal de Indicação de Alarme (ETH-AIS)

A seção 8.5 do padrão MEF 30.1 especifica requisitos para a implementação da função ETH-AIS, como uma operação que ocorre em sequência a uma detecção

de falha. Foram definidos nesse padrão os requisitos para ETH-AIS que estabelecem valores default de protocolos e opções de protocolo.

Sinais AIS existem para suprimir outros alarmes que poderiam ocorrer em MEPs caso não recebessem esses sinais.

A função ETH-AIS é recomendada para serviços ponto a ponto.

Sinais AIS são enviados por um MEP para o outro MEP, no sentido *upstream*, para a indicação de falhas na ME. O envio desses sinais ocorre no Nível de MEG disponível mais próximo.

A Figura 9.14 ilustra um exemplo de utilização da função ETH-AIS.

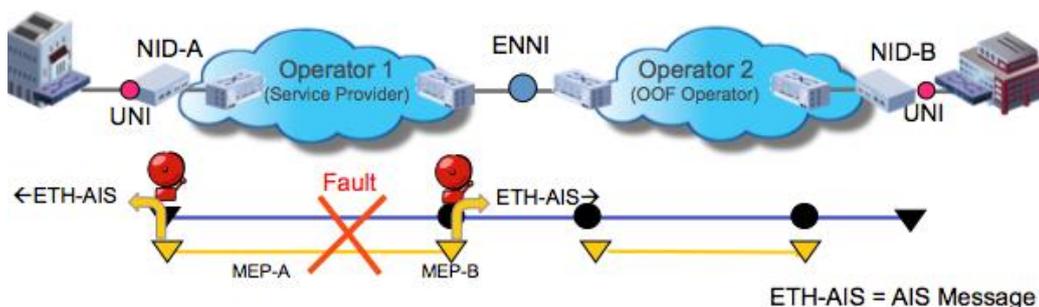


Figura 9.14 -Utilização da função ETH-AIS (MEF 30.1, Overview).

O estado AIS é declarado imediatamente após o recebimento do primeiro sinal AIS, e é desativado (*cleared*) após a cessação de recebimento desses sinais por um período no mínimo igual a 3,5 vezes o intervalo de transmissão.

#### 9.2.5.6 -Sinal Locked (ETH-LCK)

A Seção 8.6 do padrão MEF 30.1 especifica requisitos aplicáveis para a implementação da função *Ethernet Locked Signal* (ETH-LCK). Um MEP DEVERIA suportar operações ETH-LCK e os elementos de informação e processos associados.

Um sinal LCK é utilizado por MEPs pares para indicar uma condição de interrupção administrativa. Esse sinal indica para os MEPs pares receptores que um teste pode estar para começar ou pode se encontrar em progresso. O ETH-LCK é geralmente utilizado em conjunto com o *ETH-Test*.

O MEP no qual foi definida uma operação ETH-LCK transmite os sinais LCK nas duas direções, da mesma forma do que ocorre com os sinais AIS.

A Figura 9.15 ilustra a utilização da função ETH-LCK.

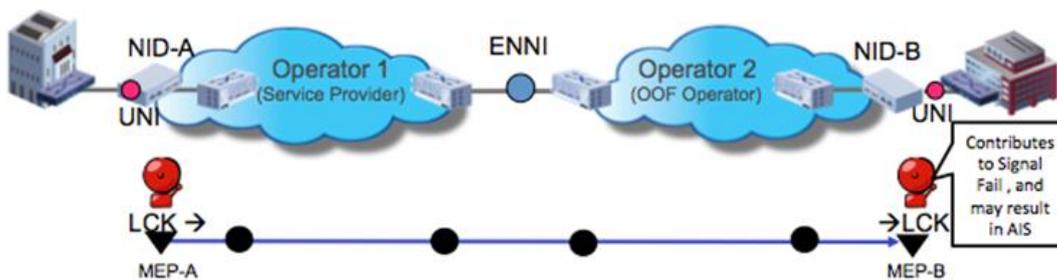


Figura 9.15 –Utilização da função ETH-LCK (MEF 30.1, Overview).

Sinais LCK devem ser gerados imediatamente após o conhecimento da condição de interrupção administrativa, seguidos pela transmissão de outros sinais LCK em intervalos regulares. O intervalo de transmissão default DEVERIA ser igual a 1 segundo.

O CoS ID default para sinais LCK DEVERIA corresponder àquele que permita a menor perda de quadros possível. A prioridade na transmissão desses sinais DEVERIA ocorrer com a máxima prioridade suportada pelo NE.

O estado LCK é declarado imediatamente após o recebimento do primeiro sinal LCK, e DEVE ser desativado (*cleared*) após o não recebimento desses sinais por um período no mínimo igual a 3,5 vezes o intervalo de transmissão.

#### 9.2.5.7 -Sinal de Teste (ETH-Test)

A Seção 8.7 do padrão MEF 30.1 especifica requisitos aplicáveis para a implementação da função *Ethernet Test Signal (ETH-Test)*. Tais requisitos representam um meio para efetuar testes para diagnósticos unidirecionais em serviço (*in-service*) ou fora de serviço (*out-of-service*) entre um par de MEPs.

A função *ETH-Test* realiza-se por meio de envio de sinais de Teste, como mostra a Figura 9.16.

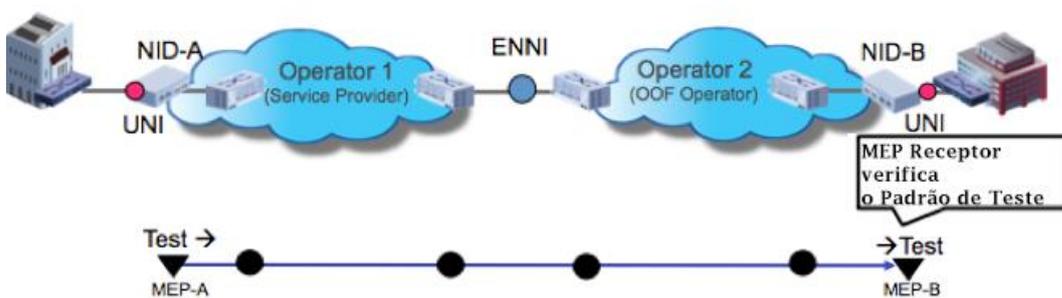


Figura 9.16 – Utilização da função ETH-Test (MEF 30.1, Overview).

Quando o teste é fora de serviço, o ETH-LCK é utilizado juntamente com *ETH-Test*. Observa-se, contudo, que ETH-LCK pode ser utilizado sem o *ETH-Test*.

Um MEP DEVERIA ser capaz de suportar operações de *ETH-Test*, seus elementos de informação e seus processos. Podem ser realizadas medições de *throughput*, de perda de quadros, de taxas de erros de bit, etc...

Observa-se que função *ETH-Test* pode ser substituída por outras funções. Em SOAM FM, por exemplo, pode ser utilizada a função ETH-LB com um padrão de teste no *Data TLV* para realizar o mesmo teste, embora essa função possa aumentar a carga do processador de OAM. Contudo, uma vantagem do uso da função ETH-LB é que esta permite realizar testes *single-ended(two-way)*.

### 9.2.5.8 -Falha de Sinal de Cliente (ETH-CSF)

A Seção 8.8 do padrão MEF 30.1 especifica requisitos para a implementação da função ETH-CSF. Tais requisitos representam um meio para informar a um MEP par a detecção de uma falha ou defeito na comunicação com um cliente quando esse cliente não suporta um meio tal como ETH-AIS ou ETH-RDI para notificar o seu par.

Quando um MEP de um MEG de EVC detecta ou é notificado de uma falha afetando a ME de usuário, esse MEP envia um sinal CSF para o MEP (ou MEPs) de EVC par (ou pares). O MEP par (ou os MEPs pares), após o recebimento do sinal CSF indica, de alguma forma, a falha no cliente distante para o cliente local.

A Figura 9.17 ilustra a utilização da função ETH-CSF.

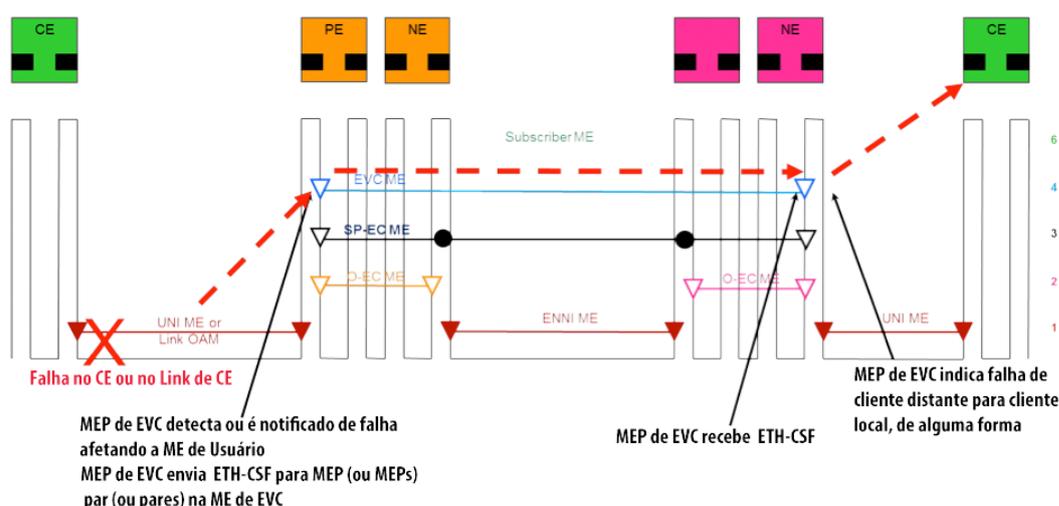


Figura 9.17 – Utilização da função ETH-CSF (MEF 30.1, Figura 12).

Um MEP pode suportar a função ETH-CSF como definida nas Recomendações ITU-TY.1731 e ITU-TG.8021. Por default, a função ETH-CSF DEVERIA estar Desabilitada em um MEP. A transmissão de sinais CSF DEVERIA ser Habilitada apenas em MEPs de MEGs ponto a ponto.

Períodos de transmissão de 1 segundo e de 1 minuto DEVEM ser suportados em ETH-CSF, sendo que o valor default deveria ser igual a 1 segundo.

As ações resultantes do recebimento de um sinal CFS não foram especificadas no padrão MEF 30.1.

### 9.2.5.9 –Sumário de Protocolos e Mensagens / Sinais em SOAM FM

A Figura 9.18 exibe um quadro sumário de protocolos (funções) e mensagens / sinais utilizados em SOAM FM.

SOAM FM	
PROTOCOLOS (FUNÇÕES)	MENSAGENS/ SINAIS
ETH-CC	CCM( Continuity Check Message)
ETH-RDI	Sinal RDI(Remote Defect Indication), em CCMs
ETH-LB	LBM(Loopback Message)
	LBR(Loopback Reply)
ETH-LT	LTM(Linktrace Message)
	LTR(Linktrace Reply)
ETH-AIS	Sinal AIS(Alarm Indication Signal)
ETH-LCK	Sinal LCK(Locked)
ETH-Test	Sinal de Teste
ETH-CSF	Sinal CSF(Client Signal Fail)

Figura 9.18 –Sumário de protocolos e mensagens / sinais em SOAM FM (Avulso).

### 9.2.6-Interação entre SOAM FM e Outros Protocolos

SOAM FM não existe de forma isolada de outros protocolos. O padrão MEF 30.1 especifica a interação de SOAM FM com E-LMI e com Agregação de Links (LAG).

Como podem existir equipamentos de usuário (CEs) que não suportam SOAM FM mas suportam E-LMI, torna-se útil a possibilidade de interação entre SOAM FM e E-LMI.

A interação SOAM FM / E-LMI permite que falhas detectadas por SOAM FM na rede sejam comunicadas ao usuário via E-LMI, como mostra a Figura 9.19.

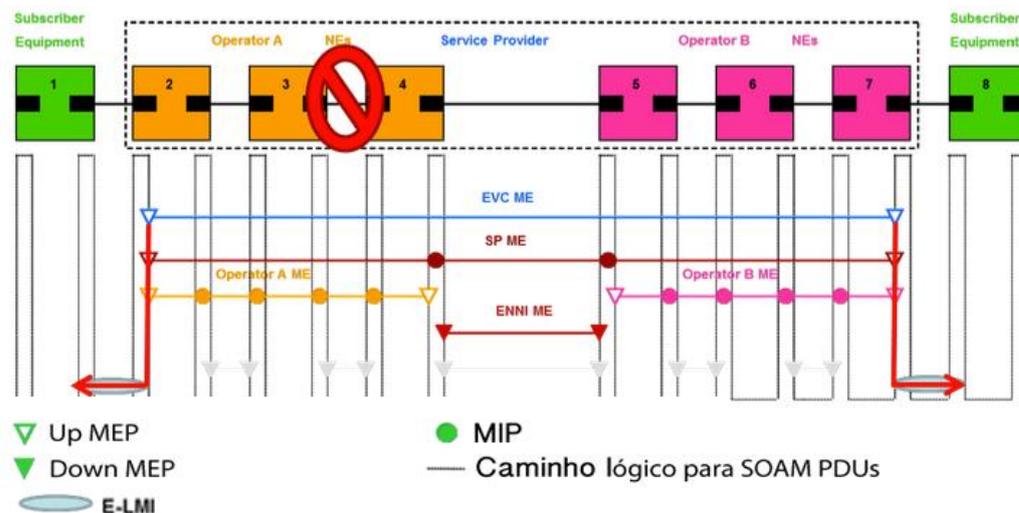


Figura 9.19 – Interação SOAM FM / E-LMI (MEF 30.1, Figura 14).

Nessa figura, uma falha na EVC detectada por SOAM FM está sendo notificada ao CE no lado esquerdo da figura, por meio de uma mensagem *Asynchronous Status Message*, definida no padrão MEF 16 para E-LMI.

Em termos de interação entre SOAM FM e LAG, foram definidos os MEGs de LAG (de UNI e de ENNI), assim como os MEGs de Link de LAG (de UNI e de ENNI) para tratamento de links individuais de um LAG. Esses tipos de MEG foram abordados no subitem 9.2.4.8 anterior neste capítulo.

Embora fora do escopo do padrão MEF 30.1, existem outras interações relevantes de SOAM FM com outros protocolos, como, por exemplo, com OAM de Link especificado na Cláusula 57 do padrão IEEE 802.3-2012.

É também importante a integração de SOAM FM com o sistema de gerenciamento EMS-NMS definido no padrão MEF 7.3.

### 9.2.7–Monitoração de Desempenho (SOAM PM)

SOAM PM (*SOAM Performance Monitoring*) em Carrier Ethernet tem como propósito a medição de desempenho em EVCs e em OVCs, para, por exemplo, verificar se os objetivos de desempenho especificados na SLS estão sendo atendidos, e para indicar a necessidade de medidas reparadoras.

SOAM PM foi especificada nas Recomendações ITU-T Y.1731 e ITU-T G.8021 *Amendment 1* e nos padrões MEF 17 e MEF 35.1.

O padrão IEEE 802.1Q-2014 restringe-se à especificação de SOAM FM, não englobando portanto SOAM PM.

O presente subitem tem por objetivo apresentar a abordagem de SOAM PM com base no padrão MEF 17, e, principalmente, no padrão MEF 35.1.

O Padrão MEF 35.1 especifica um Acordo de Implementação (IA) para SOAM PM que satisfaça e estenda a estrutura e os requisitos para Monitoração de Desempenho descritos no padrão MEF 17.

O objetivo do padrão MEF 35.1 é o de definir procedimentos de medição de desempenho e especificar soluções para a coleta das informações necessárias para computar os índices de desempenho definidos no padrão MEF 10.3.

As medições em SOAM PM têm como propósito mensurar o desempenho de tráfego em um CoS FS (*CoS Frame Set*).

Como visto no subitem 6.2.1 anterior neste livro, um CoS FS é composto pela *tuple* { S, PT, CoS ID }. Sugere-se ao leitor retornar a esse subitem, particularmente à Figura 6.1 nele constante, para melhor entendimento deste parágrafo.

O padrão MEF 35.1 estabelece que as SOAM PM PDUs inseridas em um MEP de um MEG DEVEM conter o mesmo CoS ID constante do CoS FS cujos quadros estão sendo medidos. Esse CoS ID é denominado CoS ID para SOAM PM (*SOAM PM CoS ID*).

Todas as SOAM PM PDUs DEVEM utilizar um *Color ID* que indique a Cor Verde.

### 9.2.8 – Métricas de Desempenho e Mensagens

O padrão MEF 35.1 divide os processos para a medição de Métricas de Desempenho em SOAM PM em dois grupos:

- Processos relativos à medição de Delays de Quadros;
- Processos relativos à medição de Perdas de Quadros.

Nos subitens 8.1 e 8.2 do padrão MEF 35.1 são tecidas diversas considerações sobre medições relativas a Delays de Quadros e a Perdas de Quadros, respectivamente.

O padrão MEF 35.1 especifica nove Métricas de Desempenho, divididas entre métricas relativas a Delays de Quadros e a Perdas de Quadros, como mostra a Figura 9.20.

MÉTRICAS DE DESEMPENHO	
RELATIVAS A DELAYS DE QUADROS	RELATIVAS A PERDAS DE QUADROS
Delay de Quadro(FD)	Taxa de Perdas de Quadros(FLR)
Faixas de Delays de Quadros(FDR)	Disponibilidade
Delay de Quadro Médio(MFD)	Disponibilidade de Grupo
Varição de Delays Inter-Quadros(IFDV)	Intervalo de Altas Perdas(HLI)
—	Intervalo de Altas Perdas Consecutivas(CHLI)

Figura 9.20 – Métricas de Desempenho no padrão MEF 35.1 (MEF 35.1, Avulso).

O padrão MEF 10.3 relaciona apenas Métricas de Desempenho *One-Way*, o mesmo ocorrendo na especificação de Soluções de SOAM PM no padrão MEF 35.1. O próprio padrão MEF 35.1, contudo, relaciona as Métricas de Desempenho *Two-Way* FD, IFDV, MFD e FDR, utilizando mensagens DMM e DMR, quando aborda as Funções de SOAM PM *Single-Ended*.

São utilizadas em SOAM PM as seguintes mensagens:

- DMM / DMR (*Delay Measurement Message / Delay Measurement Reply*);
- LMM / LMR (*Loss Measurement Message / Loss Measurement Reply*);
- SLM / SLR (*Synthetic Loss Message / Synthetic Loss Reply*);
- 1DM (*One-Way Delay Measurement Message*);
- 1SL (*One-Way Synthetic Loss Measurement Message*).

### 9.2.9-Soluções de PM

Neste subitem serão apresentadas as considerações iniciais e os tipos de Solução de PM.

Uma Solução de PM (*PM Solution*) é um conjunto de requisitos interdependentes e relacionados entre si, que, quando implementado, permite a medição de uma série de Métricas de Desempenho utilizando uma ou duas Funções de PM para determinados tipos de MEG.

Foram definidas pelo padrão MEF 35.1 quatro Soluções de PM: PM-1, PM-2, PM-3 e PM-4.

#### 9.2.9.1-Envolvimento de Camadas

Como mostra a Figura 9.21, uma Solução de PM pode envolver componentes da Camada Elemento de Rede (Camada NE), da Camada Sistema de

Gerenciamento de Elemento (Camada EMS) e da Camada Sistema de Gerenciamento de Rede (Camada NMS).

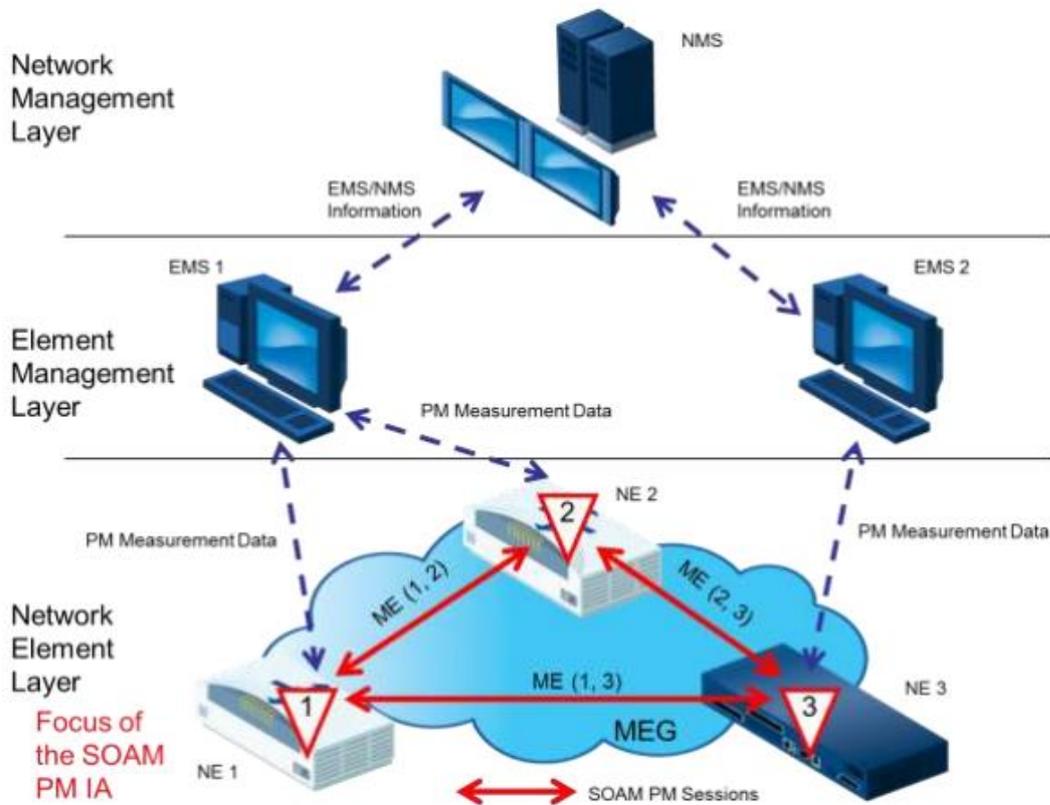


Figura 9.21 –Envolvimento de Camadas em Soluções de PM (MEF 35.1, Figura 7).

A Camada NE é responsável por conduzir medições de desempenho em SOAM PM, enquanto os componentes das Camadas EMS/NMS são responsáveis pela configuração, coleta e processamento dos resultados dessas medições.

As informações de medição de desempenho obtidas na Camada NE são enviadas para o NMS por meio do EMS.

O padrão MEF 35.1 restringe-se à definição dos requisitos aplicáveis às Soluções de PM (PM-1, PM-2, PM-3 e PM-4) apenas na Camada NE.

#### 9.2.9.2 –Funções de SOAM PM

Uma Solução de PM utiliza Funções de SOAM PM, que são especificadas com propósitos de PM.

Foram definidas as seguintes Funções de SOAM PM:

- *Single-Ended Delay;*
- *Dual-Ended Delay;*
- *Single-Ended Service Loss;*
- *Single Ended Synthetic Loss;*
- *Dual-Ended Service Loss;*

— *Dual-Ended Synthetic Loss.*

Observa-se que o padrão MEF 35.1 não utiliza a Função de SOAM PM *Dual-Ended Synthetic Loss.*

Nas Funções de SOAM PM *Single-Ended*, uma medição pode ser realizada no próprio MEP que solicitou a medição, quando do recebimento da SOAM PM PDU de retorno. Dessa forma, são possibilitadas medições integradas para os dois sentidos de uma ME (medições *Two-Way*).

As Funções de SOAM PM *Single-Ended* possibilitam também medições independentes para cada um dos sentidos (medições *One-Way*), para o sentido direto (*forward*) e/ou para o sentido inverso (*backward*).

Nas Funções de SOAM PM *Dual-Ended*, medições *One-Way* são realizadas independentemente em cada um dos MEPs, tanto para o sentido direto quanto para o sentido inverso, não possibilitando medições *Two-Way*.

As medições podem ser realizadas com base nos próprios quadros de serviço, ou com base em quadros sintéticos cujo objetivo é o de simplesmente servir de base para medições.

As medições referentes às métricas FD, IFDV, MFD e FDR são, em conjunto, denominadas ETH-DM (*ETH Delay Measurement*), enquanto as medições referentes às métricas FLR, Disponibilidade, Disponibilidade de Grupo e Resiliência (HLI e CHLI), são, em conjunto, denominadas ETH-LM (*ETH Loss Measurement*).

A ETH-LM aplicada para quadros sintéticos é referida com ETH-SLM (*ETH Synthetic Loss Measurement*).

A ETH-DM não utiliza quadros sintéticos em suas medições.

### **9.2.9.3 – Relação entre Mecanismos ITU-T de SOAM PM, Funções de SOAM PM e SOAM PM PDUs**

O ITU-T, com base na classificação de tipos de medição (ETH-DM, ETH-LM e ETH-SLM), definiu os seguintes Mecanismos ITU-T de SOAM PM:

- *ITU-T Single-Ended ETH-DM;*
- *ITU-T Dual-Ended ETH-DM;*
- *ITU-T Single-Ended ETH-LM;*
- *ITU-T Single-Ended ETH-SLM;*
- *ITU-T Dual-Ended ETH-SLM.*

Observa-se que em versões antigas de Recomendações do ITU-T, o Mecanismo de SOAM PM *ITU-T Single-Ended ETH-DM* era referido como *ITU-T Two-Way ETH-DM*, enquanto o Mecanismo de SOAM PM *ITU-T Dual-Ended ETH-DM* era referido como *ITU-T One-Way ETH-DM*.

A Figura 9.22 apresenta a relação entre as Funções de SOAM PM, os Mecanismos de SOAM PM especificados pelo ITU-T e as PDUs definidas pelo ITU-T para SOAM PM.

PM Function	ITU-T PM Mechanism	ITU-T PDU(s)
Single-Ended Delay	ITU-T Single-Ended ETH-DM	DMM/DMR
Dual-Ended Delay	ITU-T Dual-Ended ETH-DM	IDM
Single-Ended Service Loss	ITU-T Single-Ended ETH-LM	LMM/LMR
Single-Ended Synthetic Loss	ITU-T Single-Ended ETH-SLM	SLM/SLR
Dual-Ended Synthetic Loss	ITU-T Dual-Ended ETH-SLM	ISL

Figura 9.22– Funções, Mecanismos ITU-T e PDUs em SOAM PM (MEF 35.1, Tabela 3).

Observa-se, nessa figura, que a Função de SOAM PM *Dual-Ended Service Loss* (perdas com base em quadros de serviço) não é utilizada (recomendada), não constando então da relação da figura.

Recorda-se que uma Função de SOAM PM *Single-Ended* admite medições *Two-Way* e medições *One-Way*, enquanto uma Função de SOAM PM *Dual-Ended* admite apenas medições *One-Way*.

- **Medições por Funções de SOAM PM Single-Ended**

A Figura 9.23 representa a configuração típica utilizada em medições de perdas e de delays de quadros por Funções de SOAM PM *Single-Ended*.



Figura 9.23 – Configuração para medições por Funções de SOAM PM Single- Ended (MEF 35.1, Figura 8 revista).

As Funções de SOAM PM *Single-Ended* podem ser utilizadas para realizar medições nas seguintes Métricas de Desempenho:

- *One-way* FD, IFDV, MFD e FDR (sentido direto e sentido inverso), utilizando DMM / DMR (Função de SOAM PM *Single-Ended Delay*);
- *Two-Way* FD, IFDV, MFD e FDR, utilizando DMM / DMR (Função de SOAM PM *Single-Ended Delay*);
- *One-Way* FLR (sentido direto e sentido inverso), utilizando LMM / LMR (Função de SOAM PM *Single-Ended Service Loss*);

- *One-Way* FLR (sentido direto e sentido inverso), utilizando SLM / SLR (Função de SOAM PM *Single-Ended Synthetic Loss*);
- Disponibilidade *One-Way* Disponibilidade de Grupo *One-Way* (sentido direto e sentido inverso), utilizando SLM / SLR (Função de SOAM PM *Single-Ended Synthetic Loss*);
- *One-Way* HLI e *One-Way* CHLI (sentido direto e sentido inverso), utilizando SLM / SL (Função de SOAM PM *Single-Ended Synthetic Loss*).

- **Medições por Funções de SOAM PM Dual-Ended**

A Figura 9.24 representa a configuração típica utilizada em medições de perdas e de delays por Funções de SOAM PM *Dual-Ended*.



Figura 9.24 – Configuração para medições por Funções de SOAM PM *Dual-Ended* (MEF 35.1, Figura 9 revista).

As Funções de SOAM PM *Dual-Ended* podem ser utilizadas para realizar medições nas seguintes Métricas de Desempenho:

- *One-Way* FD, IFDV, MFD e FDR (sentido direto), utilizando 1DM (Função de SOAM PM *Dual-Ended Delay*);
- *One-Way* FLR (sentido direto), utilizando 1SL (Função de SOAM PM *Dual-Ended Synthetic Loss*);
- Disponibilidade *One-Way* e Disponibilidade de Grupo *One-Way* (sentido direto), utilizando 1SL (Função de SOAM PM *Dual-Ended Synthetic Loss*);
- *One-Way* HLI e *One-Way* CHLI (sentido direto), utilizando 1SL (Função de SOAM PM *Dual-Ended Synthetic Loss*).

- **Medições nas Funções de SOAM PM**

Na Função de SOAM PM *Single-Ended Delay*, um dos MEPs transmite mensagens DMM periodicamente. O MEP par responde com uma mensagem DMR para cada mensagem DMM recebida.

As medições têm como referência apenas o sinal de relógio do MEP que envia a mensagem DMM. O MEP par distante copia esse sinal de relógio e o reenvia na mensagem DMR. Dessa forma, o MEP de origem pode calcular o tempo decorrido no percurso bidirecional.

Na Função de SOAM PM *Dual-Ended Delay*, um dos MEPs transmite mensagens 1DM (*time-stamped*) periodicamente. Na recepção de cada mensagem 1DM, o MEP par computa o delay como sendo a diferença entre o valor do *time-stamp* e o momento atual.

Na Função de SOAM PM *Single-Ended Service Loss*, um dos MEPs transmite mensagens LLM periodicamente. Quando do recebimento de uma mensagem LLM, o MEP par responde com uma mensagem LMR.

Como ambos os MEPs registram o envio e a recepção dessas mensagens, as perdas de quadros (mensagens) podem ser mensuradas.

Na Função de SOAM PM *Single-Ended Synthetic Loss*, um dos MEPs transmite mensagens SLM periodicamente. O MEP par responde com uma mensagem SLR para cada mensagem SLM recebida.

Como ambos os MEPs registram o envio e a recepção dessas mensagens sintéticas, as perdas de quadros podem ser mensuradas.

#### 9.2.9.4 –Tipos de Solução de PM

O padrão MEF 35.1 define quatro Soluções de PM (PM-1, PM-2, PM-3 e PM-4), cujas características são apresentadas na Figura 9.25.

PM Solution	MEG Type(s)	Measurement Technique for Loss	PM Function(s)	Mandatory or Optional
PM-1	point-to-point multipoint	Synthetic Testing	Single-Ended Delay Single-Ended Synthetic Loss	Mandatory
PM-2	point-to-point multipoint	n/a	Dual-Ended Delay	Optional
PM-3	point-to-point	Counting Service Frames	Single-Ended Service Loss	Optional
PM-4	point-to-point multipoint	Synthetic Testing	Dual-Ended Synthetic Loss	Optional

Figura 9.25 – Soluções de PM (MEF 35.1, Tabela 2).

- **Solução PM-1 (Single-Ended Ponto a Ponto ou Multiponto).**

A Solução PM-1 utiliza a Função de SOAM PM *Single-Ended Delay* (que corresponde ao Mecanismo ITU-T *Single-Ended ETH-DM*) para a realização de medições nas Métricas de Desempenho FD,IFDV, MFD e FDR.

Para a realização de medições nas Métricas de Desempenho FLR, Disponibilidade, Disponibilidade de Grupo e contagens de HLI e CHLI, a PM-1

utiliza a Função de SOAM PM *Single-Ended Synthetic Loss* (que corresponde ao Mecanismo ITU-T *Single-Ended ETH-SLM*).

Quando da utilização da Função de SOAM PM *Single-Ended Delay*, mensagens DMM são enviadas de um MEP Controlador (*Controller MEP*) para um MEP Responder (*Responder MEP*), que responde enviando mensagens DMR.

Quando da utilização da Função de SOAM PM *Single-Ended Synthetic Loss*, mensagens SLM são enviadas do MEP Controlador para o MEP Responder, que responde enviando mensagens SLR.

A Solução PM-1 possibilita que todas as Métricas de Desempenho definidas no padrão MEF 10.3 possam ser medidas.

A Solução PM-1 pode ser aplicada para MEGs ponto a ponto ou para MEGs multiponto.

Medições *One-Way* do MEP Controlador para o MEP Responder são referidas como medições *forward* (sentido direto), enquanto as medições no outro sentido são referidas como medições *backward* (sentido inverso).

As seguintes Métricas de Desempenho podem ser calculadas para cada par ordenado de EIs em um conjunto de pontos de terminação S utilizando a Solução PM-1:

- *One-Way* FD;
- *One-Way* IFDV;
- *One-Way* MFD;
- *One-Way* FDR;
- *One-Way* FLR;
- Disponibilidade *One-Way*;
- Disponibilidade de Grupo *One-Way*;
- Resiliência *One-Way* (HLI e CHLI).

• **Solução PM-2 (Dual-Ended Ponto a Ponto ou Multiponto).**

A Solução PM-2 é uma solução de caráter opcional que utiliza apenas quadros 1DM para medições na Função de SOAM PM *Dual-Ended Delay* (Mecanismo ITU-T de SOAM PM *Dual-Ended ETH-DM*).

A Solução PM-2 pode ser aplicada para MEGs ponto a ponto e para MEGs multiponto

No caso de MEGs multiponto, o uso de quadros 1DM multicast pode contribuir para a simplificação da configuração de Sessões de PM e para a redução do tráfego de SOAM.

As seguintes Métricas de Desempenho podem ser calculadas para cada par ordenado de EIs em um conjunto de pontos de terminação S utilizando a Solução PM-2:

- *One-Way* FD;
- *One-Way* IFDV;
- *One-Way* MFD;
- *One-Way* FDR.

- **Solução PM-3 (Single-Ended Ponto a Ponto).**

A Solução PM-3 é uma solução de caráter opcional que utiliza a contagem de quadros de serviço para medir perdas de quadros, utilizando a Função de SOAM PM *Single-Ended Service Loss* (Mecanismo *Single-Ended ETH-LM*).

São utilizados quadros LMM / LMR para medições na Solução PM-3. Essas medições baseiam-se na contagem de quadros de serviço Qualificados transmitidos e recebidos pelos dois MEPs exclusivamente em um MEG ponto a ponto, uma vez que a Solução PM-3 não se aplica para MEGs multiponto.

São utilizados na Solução PM-3 os MEPs Controladores e os MEPs Respondedores, podendo as medições ser realizadas no sentido direto e/ou no sentido inverso.

A Solução PM-3 restringe-se ao cálculo da Métrica de Desempenho *One-Way* FLR.

- **Solução PM-4 (Dual Ended Ponto a Ponto ou Multiponto).**

A Solução PM-4 é uma solução de caráter opcional que utiliza apenas quadros 1SL para as medições, utilizando a Função de SOAM PM *Dual-Ended Synthetic Loss* (Mecanismo ITU-T *Dual-Ended ETH-SLM*).

A Solução PM-4 utiliza um MEP Controlador, que envia as mensagens 1SL para um MEP Sumidouro (*Sink MEP*) apenas no sentido direto. As Sessões de PM podem ser arranjadas de tal forma que possam ocorrer duas Sessões *One-Way*, uma em cada sentido.

A Solução PM-4 pode ser aplicada para MEGs ponto a ponto e para MEGs multiponto.

As mensagens 1SL podem ser unicast ou multicast, sendo que para MEGs multiponto as mensagens 1SL multicast são recomendáveis. Mensagens sintéticas devem ser similares a quadros de serviço Qualificados transportados pela EVC ou pela OVC.

As Métricas de Desempenho que podem ser calculadas para cada par ordenado de EIs em um conjunto de pontos de terminação S utilizando a Solução PM-4, são as seguintes:

- *One-Way* FLR;
- Disponibilidade *One-Way*;
- Disponibilidade de Grupo *One-Way*;
- Resiliência *One-Way* (HLI e CHLI).

### 9.2.10 – Sessões de PM

O processo de monitoração de desempenho é composto por um certo número de instâncias, referidas como Sessões de PM.

Uma Sessão de PM é iniciada em um MEP Controlador para realizar medições de desempenho para um dado SOAM PM CoS ID e um dado MEP Responder (Sumidouro) dentro do mesmo MEG.

Múltiplas Sessões de PM podem existir simultaneamente entre um par de MEPs, possibilitando que diferentes classes de serviço possam ser testadas ao mesmo tempo.

Cada Sessão de PM utiliza uma Função de SOAM PM. Cada Função de SOAM PM utiliza um Mecanismo ITU-T de SOAM PM, que por sua vez utiliza SOAM PM PDUs específicas.

Uma Sessão de PM pode ser utilizada para medições de delays ou de perdas de quadros, dependendo da Função de SOAM PM aplicada.

Uma Sessão de PM é definida por diferentes parâmetros, tais como os seguintes:

- Período de Mensagem, que é o tempo entre transmissões das SOAM PM PDUs utilizadas;
- Tempo de Início (*Start Time*) da Sessão de PM;
- Tempo de Encerramento (*Stop Time*) da Sessão de PM;
- Intervalos de Medição (*Measurement Intervals*);
- Tempo de Repetição (*Repetition Time*), que é o tempo entre os momentos de início de Intervalos de Medição consecutivos.

Intervalos de Medição são períodos de tempo discretos, não-sobrepostos, durante os quais medições na correspondente Sessão de PM são realizadas e os resultados dessas medições são coletados. SOAM PM PDUs para uma Sessão de PM são transmitidas apenas durante um Intervalo de Medição.

#### 9.2.10.1- Sessões de PM Proativas e Sob Demanda

Uma Sessão de PM pode ser classificada como uma sessão Proativa ou uma sessão Sob Demanda.

Uma Sessão de PM Proativa tem como propósito a medição contínua do desempenho entre MEPs, utilizando o Tempo de Início “imediatamente” e o Tempo de Encerramento “infinito” (*forever*).

As medições são coletadas em múltiplos Intervalos de Medição, com durações fixas, geralmente alinhados com o sinal de relógio, e não com um Tempo de Início de sessão.

Uma Sessão de PM Sob Demanda objetiva a monitoração do desempenho por um período finito de tempo, podendo utilizar como Tempo de Início e Tempo de Encerramento valores configuráveis.

No caso em que se deseja iniciar e encerrar uma Sessão de PM Sob Demanda de forma manual, o Tempo de Início pode ser “imediate” e o Tempo de Encerramento pode ser “infinito”. Os valores default são, respectivamente, “imediate” e “infinito”.

Uma Sessão de PM tem um instante de criação, que deve preceder o Tempo de Início, tanto para sessões Proativas quanto para sessões Sob Demanda.

Uma implementação de SOAM PM deve suportar a capacidade de deletar uma Sessão de PM a qualquer instante.

### 9.2.10.2 -Armazenamento de Medições de Desempenho

Os resultados de medições de desempenho são armazenados separadamente para cada Intervalo de Medição de cada Sessão de PM.

Resultados para medições de perdas de quadros (FLR) são armazenados diretamente, como mostra a Figura 9.26, que ilustra um exemplo de MEP operando na Função de SOAM PM *Single-Ended Synthetic Loss* e utilizando mensagens SLM/SLR.

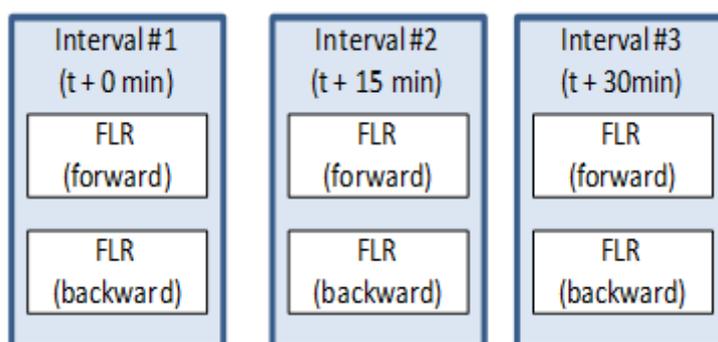


Figura 9.26 – Exemplo de armazenamento de medições de FLR (MEF 35.1, Figura 11).

Foram utilizados, nessa figura, três Intervalos de Medição em uma Sessão de PM (Intervalo #1, Intervalo #2 e Intervalo #3).

Observa-se que foram consideradas separadamente as medições de FLR *One Way* no sentido direto (*forward*) e no sentido inverso (*backward*).

Resultados para medições de FD, IFDV e FDR podem ser monitorados utilizando a Função de SOAM PM *Single-Ended Delay* ou a Função de SOAM PM *Dual-Ended Delay*.

Quando se utiliza a Função de SOAM PM *Single-Ended Delay*, as métricas FD, IFDV e FDR podem ser monitoradas por meio de medições *Two-Way*, ou, alternativamente, por meio de medições *One-Way* no sentido direto e/ou no sentido inverso.

Quando se utiliza a Função de SOAM PM *Dual-Ended Delay*, essas métricas podem ser monitoradas apenas por medições *One-Way* no sentido direto.

Os resultados das medições das métricas FD, IFDV e FDR em cada Intervalo de Medição de uma Sessão de PM, podem ser armazenados por meio do uso de *Bins* (escaninhos) de Medição.

Um *Bin* de Medição é um contador que armazena o número de medições de delays que se encontram dentro de uma determinada faixa de tempo, durante um Intervalo de Medição.

Isso significa que ao invés de se registrar valores individualmente para cada medição de delay, cada uma dessas medições provoca um incremento no contador correspondente a uma determinada faixa de valores de tempo.

A Figura 9.27 ilustra o uso de *Bins* de Medição em três Intervalos de Medição de uma Sessão de PM, para a Métrica de Desempenho MFD.

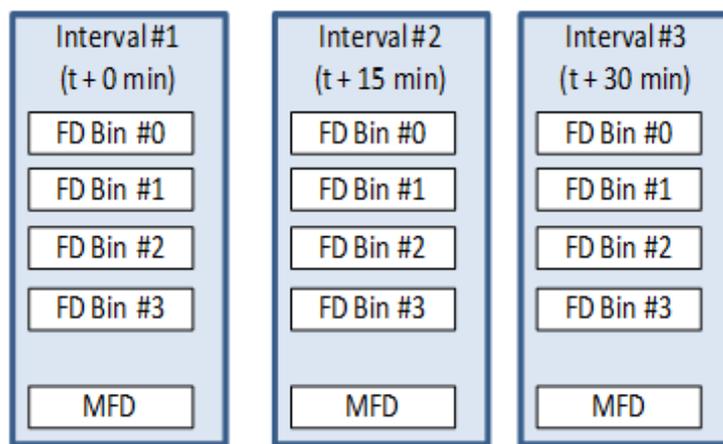


Figura 9.27 – Exemplo de armazenamento de medições em Bins de Medição (MEF 35.1, Figura 10).

A utilização de *Bins* de Medição torna mais simples a realização dos registros, uma vez que esses registros resumem-se a incrementos de contadores em cada *Bin* de Medição (representados por faixas de períodos de tempo medidas em microssegundos).

A Figura 9.28 exibe um exemplo de medições com quatro Bins de Medição em um Intervalo de Medição.

Bin	Lower Bound	Range
bin 0	0 $\mu$ s	0 $\mu$ s $\leq$ measurement < 5,000 $\mu$ s
bin 1	5,000 $\mu$ s	5,000 $\mu$ s $\leq$ measurement < 10,000 $\mu$ s
bin 2	10,000 $\mu$ s	10,000 $\mu$ s $\leq$ measurement < 15,000 $\mu$ s
bin 3	15,000 $\mu$ s	15,000 $\mu$ s $\leq$ measurement < $\infty$

Figura 9.28 – Exemplo de medições com quatro Bins de Medição (MEF 35.1, Tabela 5).

Observa-se nessa figura o registro, para cada *Bin* de Medição, da correspondente faixa de tempo considerada, desde o limite inferior (*lower bound*) até o limite superior.

### 9.2.11-Formatação de OAM PDUs

Neste subitem são descritos, de forma sucinta, o formato e os Elementos de Informação comuns das PDUs correspondentes às Funções de OAM, em conformidade com a Recomendação ITU-T Y.1731.

O formato comum a todas as OAM PDUs encontra-se na Figura 9.29.

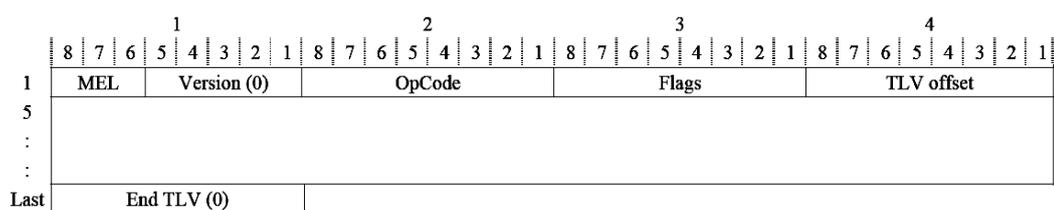


Figura 9.29 - Formato comum das OAM PDUs (Recomendação ITU-T Y.1731).

Os campos comuns das OAM PDUs nessa figura têm os seguintes significados:

- Campo MEL (*MEG Level*): representa o Nível de MEG correspondente à OAM PDU;
- Campo *Version*: representa a versão do protocolo de OAM utilizado, sendo seu valor atual igual a zero;
- Campo *OpCode*: esse campo identifica cada OAM PDU, conforme a Figura 9.30 adiante neste subitem;
- Campo *Flags*: formado por 8 bits, cujos significados dependem do tipo de OAM PDU;
- Campo *TLV Offset*: esse campo indica a posição do primeiro TLV da OAM PDU com relação à posição desse próprio campo;
- Campo *End TLV (0)*: representa um octeto com valores de bit zerados.

#### 9.2.11.1- Tipos de OpCode

A Figura 9.30 apresenta a relação dos tipos de OAM PDU com os correspondentes valores de *OpCode*.

OpCode value	OAM PDU type	OpCode relevance for MEPs/MIPs
OpCodes common with IEEE 802.1		
1	CCM	MEPs
3	LBM	MEPs and MIPs (connectivity verification)
2	LBR	MEPs and MIPs (connectivity verification)
5	LTM	MEPs and MIPs
4	LTR	MEPs and MIPs
0, 6-31, 64-255	Reserved (Note 1)	
OpCodes specific to this Recommendation		
33	AIS	MEPs
35	LCK	MEPs
37	TST	MEPs
39	Linear APS	MEPs
40	Ring APS	MEPs
41	MCC	MEPs
43	LMM	MEPs
42	LMR	MEPs
45	IDM	MEPs
47	DMM	MEPs
46	DMR	MEPs
49	EXM	Outside the scope of this Recommendation
48	EXR	Outside the scope of this Recommendation
51	VSM	Outside the scope of this Recommendation
50	VSR	Outside the scope of this Recommendation
32, 34, 36, 38, 44, 52-63	Reserved (Note 2)	
NOTE 1 – Reserved for definition by IEEE 802.1.		
NOTE 2 – Reserved for future standardization by ITU-T.		

**Figura 9.30 - OAM PDUs com os correspondentes valores de OpCode (Recomendação ITU-T Y1731).**

As citações nessa figura dizem respeito à Recomendação ITU-T Y.1731.

### 9.2.11.2- Tipos de TLV

No interior das OAM PDUs podem ser transportados os diferentes tipos de TLV, aplicados em função do tipo de OAM PDU.

Os tipos de TLV definidos para OAM PDUs encontram-se relacionados na Figura 9.31.

Type value	TLV name
Types common with IEEE 802.1	
0	End TLV
3	Data TLV
5	Reply ingress TLV
6	Reply egress TLV
7	LTM egress identifier TLV
8	LTR egress identifier TLV
2, 4, 9-31, 64-255	Reserved (Note 1)
Types specific to this Recommendation	
32	Test TLV
33-63	Reserved (Note 2)
NOTE 1 – Reserved for definition by IEEE 802.1.	
NOTE 2 – Reserved for future standardization by ITU-T.	

Figura 9.31- Tipos de TLV para OAM PDUs (Recomendação ITU-T Y.1731).

### 9.2.11.3- Endereços de OAM PDUs

As OAM PDUs são identificadas por um único código *EtherType*, cujo valor é igual a 0x8902.

O processamento e a filtragem de OAM PDUs em um MEP são baseados nesse valor de código *EtherType* e nos respectivos Níveis de MEG.

Os endereços MAC de destino de OAM PDUs podem ser unicast ou multicast, dependendo da OAM PDU específica. Os endereços MAC de origem são sempre unicast.

A Figura 9.32 apresenta um sumário dos tipos de DA aplicáveis para diferentes tipos de OAM PDU.

OAM type	DAs for frames with OAM PDU
CCM	Multicast class 1 DA or Unicast DA
LBM	Unicast DA or Multicast class 1 DA
LBR	Unicast DA
LTM	Multicast class 2 DA
LTR	Unicast DA
AIS	Multicast class 1 DA or Unicast DA
LCK	Multicast class 1 DA or Unicast DA
TST	Unicast DA or Multicast class 1 DA
Linear APS	Multicast class 1 DA or Unicast DA
Ring APS	Multicast class 1 DA or Unicast DA
MCC	Unicast DA or Multicast class 1 DA
LMM	Unicast DA or Multicast class 1 DA
LMR	Unicast DA
IDM	Unicast DA or Multicast class 1 DA
DMM	Unicast DA or Multicast class 1 DA
DMR	Unicast DA
EXM, EXR, VSM, VSR	Outside the scope of this Recommendation

Figura 9.32 - Sumário dos tipos de DA para OAM PDUs (Recomendação ITU-T Y.1731).

Como se observa nessa figura, existem dois tipos de endereços de destino multicast para OAM PDUs:

- *Multicast DA* de classe 1: para quadros de OAM endereçados apenas à totalidade de MEPs de um MEG (por exemplo, CC, LBM multicast, AIS etc.);
- *Multicast DA* de classe 2: para quadros de OAM endereçados à totalidade de MEPs e de MIPs de um MEG (por exemplo, LTM).

Normalmente um único valor de *multicast DA* de classe 1 e um único valor de *multicast DA* de classe 2 seriam suficientes. No entanto, para aplicação da Recomendação ITU-T Y.1731 em equipamentos Ethernet atuais, os endereços multicast de destino podem conduzir implicitamente o nível de MEG.

Nesse caso, são necessários 8 *multicast DAs* distintos para a classe 1 e 8 *multicast DAs* distintos para a classe 2.

### 9.3 –RECUPERAÇÃO (PROTEÇÃO E RESTAURAÇÃO)

De acordo com o padrão MEF 2, recuperação de redes e serviços ocorre alternativamente por dois processos: proteção e restauração.

Proteção significa o restabelecimento de um serviço utilizando recursos pré-alocados. Mecanismos de proteção associados à comutação automática proporcionam a possibilidade de recuperação do serviço em tempos possivelmente inferiores a 50 ms.

Em Carrier Ethernet, proteção de rede fundamenta-se no padrão MEF 2 (*Requirements and Framework for Ethernet Service Protection*) e no padrão MEF 32 (*Requirements for Service Protection Across External Interfaces*).

Restauração, por outro lado, significa o restabelecimento de um serviço utilizando recursos alocados a partir do momento da detecção da falha. Os mecanismos de restauração são típicos de redes sem conexão, a exemplo de redes Ethernet e redes IP, e atuam em tempos superiores aqueles dos mecanismos de proteção.

Uma Conexão de Link de Serviço (ou simplesmente Link de Serviço) é a parte de uma rede onde ocorre a transmissão de quadros em condições normais.

Uma Conexão de Link Resiliente (*Resilient Link Connection*) é a parte da rede que é pré-configurada como backup (proteção) ou que é automaticamente escolhida como backup quando a Conexão de Link de Serviço falha (restauração).

Quando uma Conexão de Link Resiliente é pré-configurada, essa conexão é referida como Conexão de Link de Proteção (ou simplesmente Link de Proteção).

Uma Conexão de Link de Serviço ou uma Conexão de Link Resiliente pode se encontrar no estado Conexão de Link Ativa (ou seja, que está transmitindo quadros de serviço ou quadros de ENNI) ou no estado Conexão de Link Standby (ou seja, sem transmitir quadros).

### **9.3.1 – Tipos e Modos de Proteção**

Conforme a Sessão 6 do padrão MEF 2, as redes de telecomunicações utilizam diferentes tipos e modos de proteção como apresentado a seguir.

#### **9.3.1.1– Proteção 1+1**

No tipo de proteção **1+1** os recursos de proteção da rede são utilizados durante todo o tempo para o envio de réplicas dos quadros de serviço.

O ponto de convergência de proteção, onde ambas as cópias dos quadros supostamente atingem, decide qual das duas cópias deve ser selecionada para utilização. A decisão pode ser a de comutar de um recurso para o outro devido a um evento de falha, ou alternativamente, pode ser a de comutar quadro a quadro.

#### **P9.3.1.2 – Proteção M:N**

O tipo de proteção **M:N** provê proteção para **N** recursos de serviço utilizando **M** recursos de proteção.

Os recursos de proteção são utilizados apenas quando ocorre a falha. Esses recursos não são de uso dedicado para proteção, podendo ser utilizado para outros tráfegos enquanto não ocorrer o seu uso em caso de falha.

#### **9.3.1.3 – Proteção 1:1**

O tipo de proteção **1:1** é uma variante do tipo **M:N**, em que existe um recurso de proteção para um único recurso de serviço.

#### **9.3.1.4 – Proteção N:1 e Proteção 1:N**

Esses tipos de proteção são também variantes do tipo de proteção **M:N**.

No tipo de proteção **N:1**, **N** recursos de proteção protegem um único recurso de serviço.

No tipo de proteção **1:N**, ao contrário, um único recurso de proteção protege **N** recursos de serviço. O recurso de proteção é compartilhado, para fins de proteção, pelos **N** recursos de serviço.

#### **9.3.1.5 – Proteção no Modo Revertível e Não-Revertível**

A proteção ocorre no modo revertível se, após a ocorrência e a correção de uma falha no recurso de serviço, a rede retorna automaticamente para a sua condição anterior à falha. A reversão automática pode incluir um temporizador de reversão (ou seja, um *Wait to Restore*), que retarda o tempo de reversão após a correção da falha.

Na proteção no modo não-revertivo não ocorre reversão após a correção da falha.

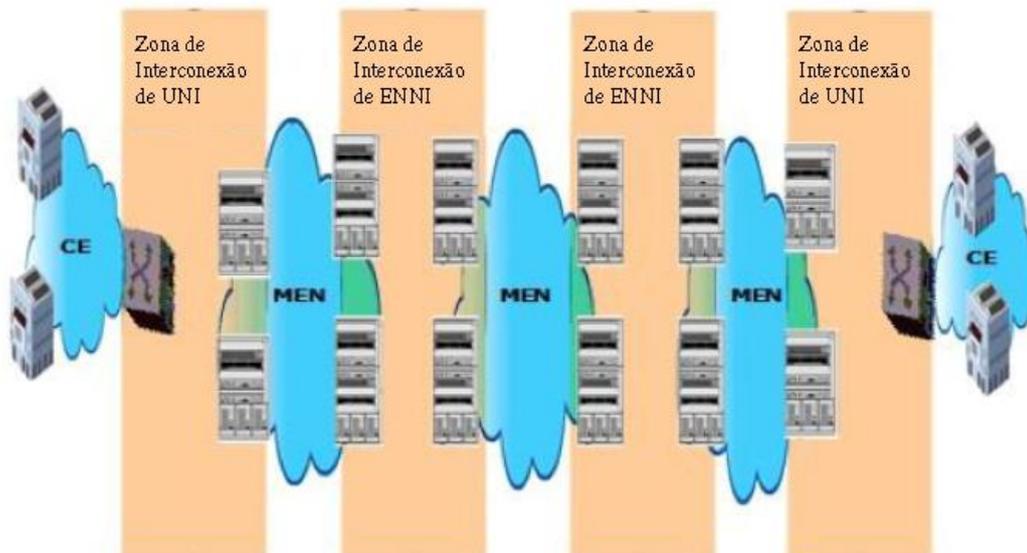
### **9.3.2 – Zonas de Interconexão**

O conceito de Zona de Interconexão foi introduzido no padrão MEF 32.

Uma Zona de Interconexão é uma área onde EIs interconectam dois domínios administrativos diferentes.

As Zonas de Interconexão presentemente suportadas pelos padrões MEF são a Zona de Interconexão de UNI (entre o domínio do usuário e o domínio do provedor de serviço) e a Zona de Interconexão de ENNI (entre dois provedores/operadores de serviço).

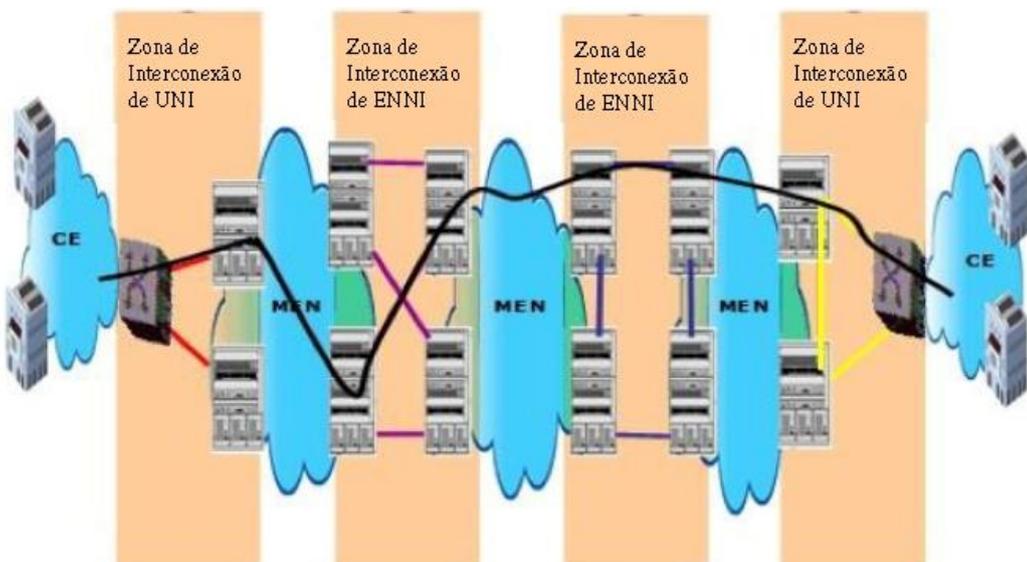
A Figura 9.33 ilustra o modelo de referência de rede que evidencia as Zonas de Interconexão.



**Figura 9.33– Modelo de referência de Zonas de Interconexão (MEF 32, Figura 1).**

Nessa figura estão representadas duas Zonas de Interconexão de UNI e duas Zonas de Interconexão de ENNI.

A Figura 9.34 apresenta um exemplo de EVC que atravessa múltiplas CENs de provedores/operadores de serviço e múltiplas Zonas de Interconexão



**Figura 9.34-EVC atravessando múltiplas Zonas de Interconexão (MEF 32, Figura 2).**

Essa figura evidencia a possibilidade de proteção individualizada das OVCs que constituem a EVC.

### 9.3.3- Proteção de EVCs

O MEF define a possibilidade de implementação de EVC de Proteção para uma EVC de Serviço. Essa alternativa é utilizada, por exemplo, na aplicação de Carrier Ethernet em redes *Backhaul* Móveis.

A eficácia dessa solução depende da natureza da rede de transportes utilizada na *TRAN-Layer*.

Em redes PB e PBB, por exemplo, não é possível a implementação de EVC de Proteção com links deliberadamente independentes dos links utilizados na EVC de Serviço.

### 9.3.4 – Requisitos para Proteção de Serviço

O padrão MEF 32 define um conjunto de requisitos para mecanismos de resiliência em Carrier Ethernet, resiliência essa localizada em EIs.

O mecanismo de resiliência utilizado em uma Zona de Interconexão deve ser robusto o suficiente para garantir que o serviço seja protegido contra vários tipos de falha, tais como:

- Falha na interface entre dois nós residentes em domínios administrativos diferentes;
- Falha em um elemento de rede (NE) que suporta o serviço na Zona de Interconexão;
- Degradação de serviço, como por exemplo quando o desempenho da rede viola a SLS no que se refere a uma Zona de Interconexão.

Os requisitos definidos no padrão MEF 32 destinam-se à proteção de Pontos de Terminação de Serviço (SEPs) em Zonas de Interconexão.

## 9.4- GERENCIAMENTO DE REDES CARRIER ETHERNET

Foram definidos diversos padrões MEF aplicáveis ao Gerenciamento de Redes Carrier Ethernet: Padrões MEF 7.3, MEF 15, MEF 31, MEF 31.0.1, MEF 36.1, MEF 38, MEF 39, MEF 40, MEF 42, MEF 44, MEF 56, MEF 59 e MEF 60.

Serão abordados em linhas gerais, a seguir, alguns desses padrões abaixo relacionados:

- Padrão MEF 7.3 (*Carrier Ethernet Service Information Model*);
- Padrão MEF 15 (*Requirements for Management of Metro Ethernet Phase 1 Network Elements*);
- Padrão MEF 31 (*Service OAM Fault Management Definition of Managed Objects*);
- Padrão MEF 40 (*UNI and EVC Definition of Managed Objects*).

#### **9.4.1- Padrão MEF 7.3**

O padrão MEF 7.3 tem como propósito o estabelecimento de um modelo de informação lógico, amplo e neutro (isto é, independente de qualquer protocolo), que possa ser utilizado para o desenvolvimento de modelos semanticamente coerentes entre si para qualquer protocolo ou arquitetura específica de gerenciamento (CORBA, SNMP ou XML, entre outros).

##### **9.4.1.1- Modelo Lógico**

O padrão MEF 7.3 cria um modelo lógico para representar as informações necessárias ao gerenciamento de serviços Carrier Ethernet independentemente do protocolo que venha a ser utilizado.

O modelo MEF 7.3 enquadra-se na visão *Service View* e na visão *Network View* definidas pelo ITU-T. Essas visões correspondem, respectivamente, à Camada de Gerenciamento de Serviço (SML) e à Camada de Gerenciamento de Rede (NML).

Esse modelo estabelece uma abstração dos recursos das redes, possibilitando a flexibilização da gerência dessas redes. Ele provê a hierarquização em camadas do processo de gerenciamento das redes, o que possibilita o gerenciamento de múltiplas tecnologias de rede de forma integrada.

Os modelos correspondentes às visões de rede e de serviço incorporam os conceitos de arranjo em camadas (*layering*), seccionamento (ou *partitioning*) de domínios ou sub-redes, visão topológica e visão de fluxos ou conectividade.

O modelo lógico adotado no padrão MEF 7.3 fundamenta-se na Linguagem de Modelagem UML (*Unified Modeling Language*) definida pelo MEF.

##### **9.4.1.2-Conjuntos de Funções (Function Sets)**

A Cláusula 4 do padrão MEF 7.3 apresenta uma visão geral dos Conjuntos de Funções (FSs) da interface de gerenciamento em Carrier Ethernet.

Fazem parte dessa visão geral os seguintes FSs:

- FS de Gerenciamento de Configuração;
- FS de Gerenciamento de Desempenho;
- FS de Gerenciamento de Falhas;
- FS de Gerenciamento Comum (Recomendação ITU-T Q.827.1).

#### 9.4.2-Padrão MEF 15

O objetivo do padrão MEF 15 é estabelecer os requisitos a serem atendidos pelos ME-NEs (*Metro Ethernet Network Elements*), relativamente ao gerenciamento dos serviços Carrier Ethernet definidos para fase 1 dessas redes.

Um ME-NE é um elemento de rede PE (*Provider Edge*) que suporta serviços Ethernet categorizados como *carrier class*.

Os requisitos definidos no padrão MEF 15 dizem respeito ao funcionamento dos ME-NEs, em seu relacionamento com os EMSs e com o NMS (ou NMSs) da rede Carrier Ethernet.

Foram definidos, no total, 39 grupos de requisitos, distribuídos pelas seguintes áreas de gerenciamento dos ME-NEs:

- Requisitos gerais;
- Requisitos para Gerenciamento de Configuração;
- Requisitos para Gerenciamento de Falhas;
- Requisitos para Gerenciamento de Desempenho;
- Requisitos para Gerenciamento de Segurança.

Os termos do padrão MEF 15, embora definidos para a Fase 1 de Carrier Ethernet, permanecem aplicáveis para a Fase 2 e a Fase 3 dessa tecnologia.

#### 9.4.3-Padrão MEF 31

O padrão MEF 31 (*Service OAM Fault Management Definition of Managed Objects*) especifica as MIBs (*Management Information Bases*) de Gerenciamento de Falhas (FM MIBs) necessárias para implementar funções de SOAM FM que satisfaçam:

- Os requisitos e a estrutura para SOAM FM especificados no padrão MEF 17;
- Os requisitos para SOAM FM especificados no padrão MEF 30.1;
- Os objetos de SOAM especificados no padrão MEF 7.3 aplicáveis a funções de SOAM FM.

O padrão MEF 31 baseia-se na recomendação ITU-T Y.1731 e no padrão IEEE 802.1Q-2014 (que obsoletou e substituiu o padrão IEEE 802.1ag).

São incluídas no padrão MEF 31 duas MIBs necessárias para suportar a funcionalidade SOAM FM do MEF:

- MEF-SOAM-TC-MIB, que inclui TCs (Convenções Textuais) para a família SOAM MIB;
- MEF-SOAM-FM-MIB, que inclui extensões à CFM especificadas no padrão IEEE 802.1Q-2014 e na Recomendação ITU-T Y1731.

O objetivo básico do padrão MEF 31 é prover um mecanismo para aprimorar a interoperabilidade entre fornecedores de equipamentos e fornecedores de software, e entre provedores de serviço e operadores de rede.

O padrão MEF 31 provê também as extensões específicas do MEF para o suporte às funções de SOAM em redes Carrier Ethernet, via SNMP MIBs.

#### **9.4.4-Padrão MEF 40**

O padrão MEF 40 especifica a MIB SNMP de UNI-EVC necessária para configurar e monitorar UNIs e EVCs definidas pelo MEF, que satisfaça os seguintes aspectos:

- Requisitos e definições estabelecidos nos padrões MEF 4, MEF 6.2 e MEF 10.3;
- Requisitos de gerenciamento estabelecidos no padrão MEF 15;
- Objetos de gerenciamento especificados no padrão MEF 7.3 e na Recomendação ITU-T Q.840.1.

Uma MIB é uma coleção de objetos gerenciados que podem ser utilizados para provisionar uma entidade, solicitar informações de estado a uma entidade ou definir notificações a serem enviadas a um EMS ou a um NMS.

Coleções de objetos gerenciados são definidas em módulos de MIB, escritos com a utilização de um subconjunto adaptado da *Abstract Syntax Notation One* (ASN.1) definida no OSI.

Assim como o padrão MEF 31, o objetivo principal do padrão MEF 40 é prover um mecanismo para aprimorar a interoperabilidade entre fornecedores de equipamento e de software e entre provedores de serviço e operadores de rede.

O padrão MEF 40 provê também a configuração e a monitoração de UNIs e de EVCs nas CENs que constituem uma rede Carrier Ethernet, via SNMP MIBs.

## Capítulo 10

### TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE E DE ACESSO

#### 10.1 –PREÂMBULO

A arquitetura Carrier Ethernet, vista no Capítulo 2 deste livro, tem como base a Camada de Transporte (*TRAN-Layer*), sobre a qual se encontra a Camada Ethernet (*ETH-Layer*) e, sobre esta, a Camada de Aplicação (*APP-Layer*).

O objetivo do presente capítulo é abordar, com a devida profundidade, as tecnologias que compõem a *TRAN-Layer*, assim como as tecnologias de rede utilizadas para acessar as redes Carrier Ethernet.

Verifica-se que os padrões MEF são dedicados à *ETH-Layer*, que ostenta um elevado nível de abstração.

A *TRAN-Layer* e as redes de acesso foram abordados pelo MEF em literatura extra-oficial. As tecnologias de rede de transporte foram apresentadas no Guia de Estudo *MEF On-The-Go*, cujo objetivo básico é a preparação dos leitores para o programa MEF-CECP (*MEF's Carrier Ethernet Certification Program*).

As redes de acesso são objeto do *White Paper* do MEF intitulado *Delivering Ubiquitous Ethernet Services Using an Array of Access Technologies*.

É recomendável que os leitores busquem outras fontes de consulta para o pleno entendimento das tecnologias aqui abordadas.

No que concerne à *TRAN-Layer* em particular, recomenda-se o livro *Novas Tecnologias de Redes Ethernet*, dos próprios autores do presente livro, publicado pela Editora Elsevier, e o livro *TCP/IP sobre MPLS*, de autoria de Antonio José F. Enne (um dos autores do presente livro), publicado pela Editora Ciência Moderna.

#### 10.2 –TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE

De acordo com o Guia de Estudo *MEF On-The-Go*, as tecnologias da *TRAN-Layer* dividem-se nos seguintes agrupamentos:

- Tecnologias de transporte baseadas no IEEE;
- Tecnologias de transporte baseadas no MPLS;
- Tecnologias de transporte transparentes (tecnologias de transporte modo circuito).

É importante entender-se quais dessas tecnologias de transporte habilitam cada um dos serviços Carrier Ethernet, e quais as respectivas limitações em cada caso.

## 10.2.1 – Tecnologias Baseadas no IEEE

O MEF relaciona as seguintes tecnologias de transporte baseadas no IEEE para uso na *ETH-Layer*:

- *Bridging* (redes exclusivamente *C-Tagged*);
- *Provider Bridging* (PB);
- *Provider Backbone Bridging* (PBB);
- *Provider Backbone Bridging-Traffic Engineering* (PBB-TE).

*Bridging* fundamenta-se no padrão IEEE 802.1Q-2014.

*Provider Bridging* (PB) foi especificado inicialmente no padrão IEEE 802.1ad, enquanto *Provider Backbone Bridging* (PBB) o foi no padrão IEEE 802.1ah. O PBB-TE, por sua vez, foi especificado de início no padrão IEEE 802. Qay.

Esses padrões IEEE foram obsoletados, sendo os seus termos atualizados e incorporados ao padrão IEEE 802.1Q-2014.

O PB foi incorporado ao padrão IEEE 802. 1Q-2014 nas Seções 15 e 16, enquanto o PBB e o PBB-TE o foram nas Seções 25 e 26.

### 10.2.1.1 – Bridging

Em *Bridging*, cada serviço é identificado por um único VLAN ID, obtido a partir do valor do CE-VLAN ID dos quadros de serviço do usuário que chegam às UNIs. Assim, os 4.096 VLAN IDs aplicáveis são divididos entre o operador e o usuário.

Esse fato requer a coordenação entre usuários e operadores, para garantir que um valor de CE-VLAN ID não seja usado mais que uma vez, o que reduz ainda mais a escalabilidade da rede.

Não é possível, em *Bridging*, qualquer forma de Agrupamento (*Bundling*), seja em serviços Baseados em Porta (EPL, EP-LAN e EP-Tree) seja em serviços Baseados em VLAN (EVPL, EVP-LAN e EVP-Tree).

Por se tratar de uma rede Ethernet de transporte, alguma variante do protocolo xSTP (STP, RSTP ou MSTP) deve ser utilizada.

A proteção da rede baseia-se no protocolo xSTP utilizado. Dependendo da dimensão da rede, o tempo de convergência do protocolo utilizado pode ser elevado, tornando difícil o alcance da meta de 50 ms.

Não há suporte para ENNIs devido à inexistência de suporte a S-tags. Assim, essa tecnologia não pode suportar OVCs (redes devem conter apenas uma CEN), nem o serviço *Access EPL* e o serviço *Access EVPL*.

Resulta das limitações expostas nos parágrafos anteriores que a solução *Bridging* é de baixa utilização, limitando-se à sua aplicação em CENs de pequena escala.

### 10.2.1.2 – Provider Bridging (PB)

*Provider Bridging* (PB) objetiva resolver a problemática coordenação de VLAN IDs, existente em *Bridging*, entre os provedores de serviço e o usuário.

O PB obtém esse resultado acrescentando um VLAN tag ao quadro Ethernet, referido como S-VLAN tag (*Service VLAN tag*). Por essa razão, o PB é também referido como tecnologia *Q-in-Q*, e permite o tunelamento dos quadros *C-tagged* dos usuários através da rede PB (PBN).

Embora mantendo o mesmo número máximo teórico de instâncias de serviço que as redes *Bridging* (redes Ethernet operando exclusivamente com C-tags), igual a 4096, o PB pode mapear até 4096 C-VLAN IDs em cada uma dessas instâncias. Dessa forma, o PB pode atender a um máximo teórico de cerca de 16 milhões de C-VLAN IDs.

Como no PB os quadros *C-VLAN tagged* são envelopados apenas por um S-tag (*Q-in-Q*), continua a ocorrer o envolvimento comum de endereços MAC entre o provedor de serviço e o usuário, o que representa uma limitação. As bridges internas e de borda do PB aprendem os endereços MAC dos quadros de serviço do usuário, o que significa envolvimento indevido.

A Figura 10.1 apresenta o formato de um quadro *C-tagged* e de um quadro PB (*S-tagged*) após o envelopamento pelo S-tag.

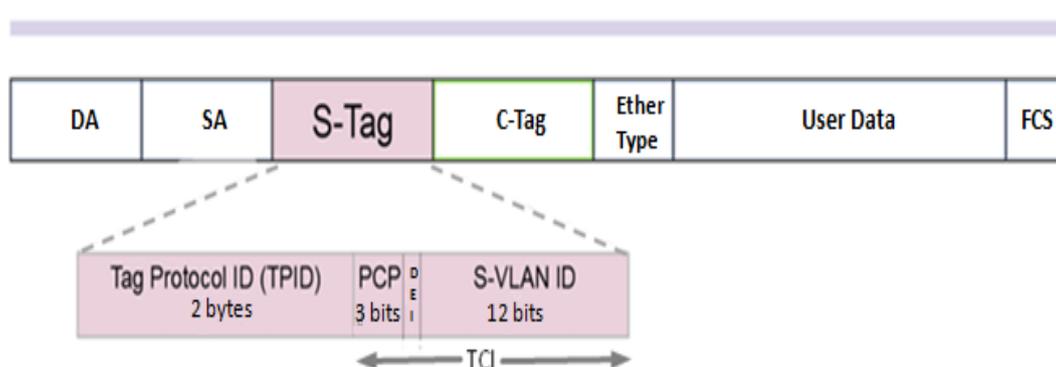


Figura 10.1 – Formatos de quadros C-tagged e S-tagged (Avulso).

Nessa figura, o conjunto formado pelo PCP (*Priority Code Point*), DEI (*Drop Eligible Indicator*) e S-VID (*S-VLAN ID*), constitui o campo TCI (*Tag Control Information*) do S-Tag com 16 bits.

O TPID (*Tag Protocol ID*), com 6 bits, utiliza o valor 0x88A8.

- **Redes PB (PBNs)**

As PBNs são constituídas por dois tipos de bridge:

— *S-VLAN Bridges*: são bridges de PBNs que contêm apenas um único componente S-VLAN;

- Bridges de Borda de Provedor (*Provider Edge Bridges*): são bridges de borda de PBNs que contêm um único componente S-VLAN e um ou mais componentes C-VLAN.

As *S-VLAN Bridges* e as Bridges de Borda de Provedor são, em conjunto, referidas como Bridges de Provedor.

Foram especificados os seguintes tipos de porta para o PB:

- Porta de Rede de Cliente (*Customer Network Port*);
- Porta de Borda de Cliente (*Customer Edge Port*);
- Porta de Rede de Provedor (*Provider Network Port*);
- Porta de Borda de Provedor (*Provider Edge Port*).

O acesso a uma determinada instância de serviço pode ser provido pelos seguintes tipos de interface de serviço para clientes no PB:

- Interface de Serviço Baseada em Porta (*Port-based*);
- Interface de serviço *C-tagged*;
- Interface de serviço *S-tagged*.

A Figura 10.2 apresenta um exemplo de configuração de rede PB (PBN).

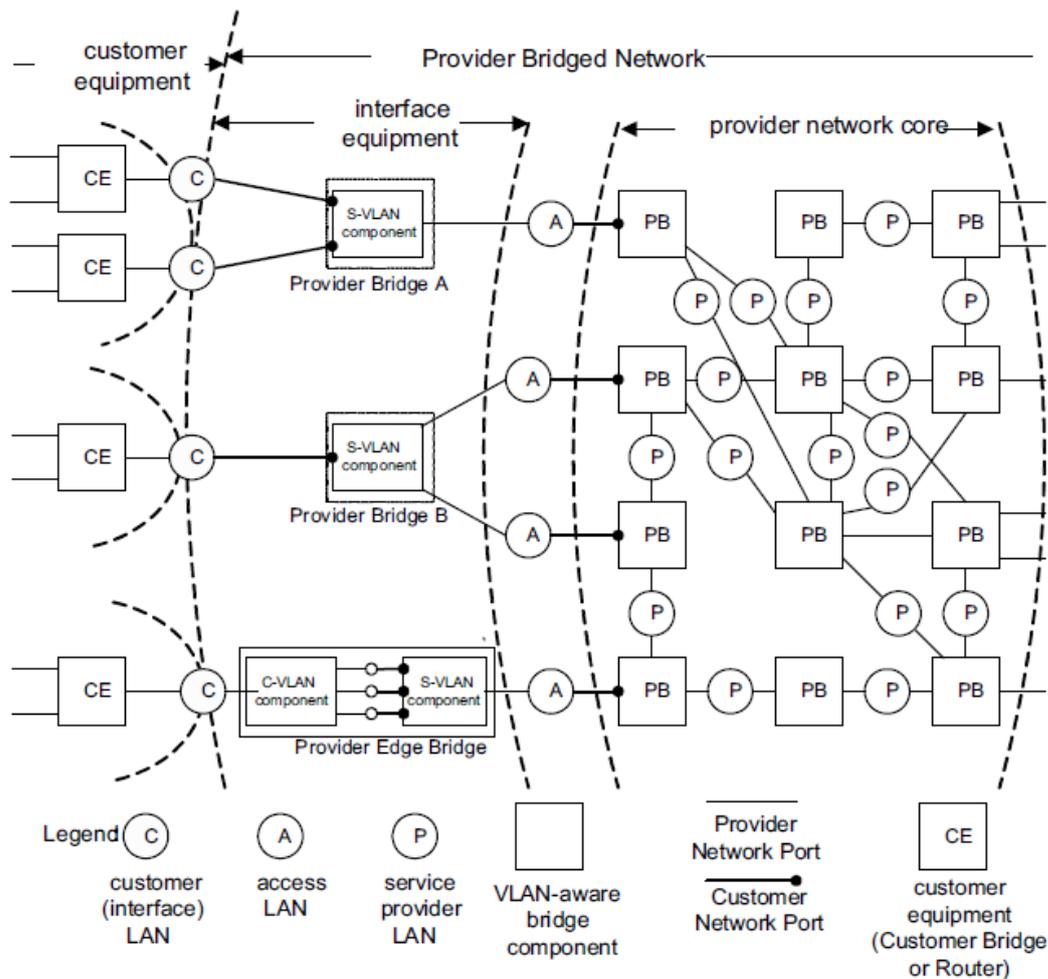


Figura 10.2 – Exemplo de PBN (IEEE 802.1Q-2014).

Nessa figura, o componente S-VLAN da Bridge de Provedor A utiliza duas LANs de interface de cliente, o que possibilita o provimento de duas interfaces de serviço baseadas em porta, distintas para dois equipamentos CE, e utiliza dois valores de S-VID para multiplexar as correspondentes instâncias de serviço em uma LAN de acesso.

O componente S-VLAN da Bridge de Provedor B, por sua vez, atende a uma única LAN de interface de cliente, através de uma única instância de serviço baseada em porta. A utilização de duas LANs de acesso objetiva o provimento de resiliência ao acesso.

A Bridge de Borda de Provedor utiliza, além do componente S-VLAN, um único componente C-VLAN e provê uma única interface de serviço C-tagged para um CE. Essa bridge utiliza C-VIDs nas respectivas LANs de interface com o usuário, para selecionar entre as múltiplas instâncias de serviço.

- **PB em Carrier Ethernet**

A Bridge de Borda de Provedor de uma PBN realiza o mapeamento de uma EVC ou de uma OVC em um valor de S-VLAN ID. Dessa forma, os C-VLAN IDs originais são preservados. Isso é válido também no que tange a preservação de quadros *untagged*.

O PB suporta serviços MEF de forma adequada para a prestação de serviços multiponto.

O PB inerentemente suporta Multiplexação de Serviços pela simples utilização de diferentes S-VLAN IDs para diferentes EVCs / OVCs.

O PB suporta também Agrupamento todos em Um em serviços privativos (o que é facilitado pela existência da Interface de Serviço Baseada em Porta no PB). Suporta, da mesma forma, Agrupamento (*Bundling*) em serviços privativos virtuais.

O PB permite, por meio do campo PCP dos S-tags, o estabelecimento de elegibilidade para descarte sem impactar o CE-VLAN tag do usuário.

Em decorrência da existência de S-tags, o PB suporta o uso de ENNIs e, em consequência, de OVCs, de serviço *Access EPL* e de serviço *Access EVPL*.

Quando se utiliza topologias em anel, o mecanismo de proteção da Recomendação ITU-T G. 8032 possibilita comutação automática de proteção em tempo inferior a 50 ms.

Finalmente, registra-se que o uso do PB no serviço E-Tree exige a utilização de mecanismos de filtragem especiais nas UNIs Folha, para evitar a inundação desnecessária dos sites Ethernet conectados a UNIs desse tipo quando o tráfego é originado em uma outra UNI Folha.

### 10.2.1.3 –Provider Backbone Bridging (PBB)

*Provider Backbone Bridging* (PBB) foi desenvolvido para resolver basicamente duas limitações do PB:

- Aumentar a escalabilidade em termos de número de instâncias de serviço;
- Operar da forma *MAC-in-MAC* e não da forma *Q-in-Q* do PB, tornando a rede de provedor transparente para os quadros de serviço do usuário.

Como será detalhado adiante neste subitem, o PBB suporta dois VLAN-tags (B-tag e I-tag) e não apenas um único VLAN-tag como no PB (S-tag). Isso possibilita a existência teórica de 16 milhões de instâncias de serviço, e, em consequência, o atendimento direto de até 16 x 4096 milhões de C-VLAN IDs.

Os B-tags (*Backbone Tags*) possibilitam a existência de uma rede Ethernet interna do provedor de serviço (a PBBN) que possibilita a constituição de até 4096 B-VLANs (até 4096 B-VIDs). É o mesmo que ocorre em PB, que permite até 4096 S-VIDs em um PBN.

Os I-tags (*Interface Tags*), diferentemente, não são utilizados para a criação de rede Ethernet.

Os I-SIDs, que representam os VIDs do I-tag contidos no campo I-TCI, são constituídos por 24 bits, o que provê cerca de 16 milhões de identificadores (instâncias de serviço). Cada um desses identificadores pode ser associado a cerca de 4k S-VLAN IDs ( quando se conecta o PBB via PB) ou diretamente a 4k C-VLAN IDs.

Essa gigantesca escalabilidade se amplia quando se considera que o PBB pode ser utilizado como transporte para o PB, onde um I-SID pode suportar até 4096 S-VIDs. Como se sabe, um S-VID pode suportar até 4096 C-VIDs, o que torna a escalabilidade do PBB praticamente ilimitada.

Os I-tags, além de conter os I-SIDs no seu campo I-TCI, contém também nesse campo os subcampos I-PCP e I-DEI.

Para o funcionamento *MAC-in-MAC* do PBB, são acrescentados endereços B-MAC de destino e de origem no início das PDUs do PBB, precedendo o campo B-tag e o campo I-tag. Esses campos envelopam um quadro C-tagged ou um quadro PB.

O funcionamento *MAC-in-MAC* do PBB torna os endereços MAC do provedor (*B-MAC addresses*) totalmente independentes dos endereços MAC do usuário. Em consequência, os processos de aprendizagem desses endereços MAC são independentes.

A Figura 10.3 apresenta o formato de um quadro PBB.

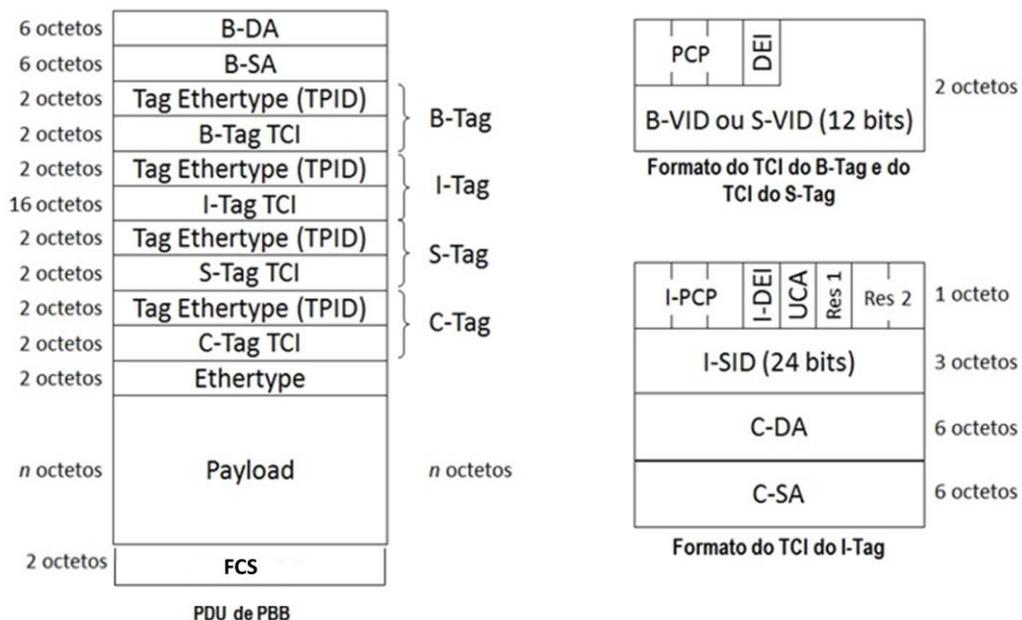


Figura 10.3 – Formato de um quadro PBB (IEEE 802.1Q-2014).

Nessa figura, constata-se a presença do S-tag envelopado no quadro, o que significa que o PB está sendo transportado pelo PBB, o que é uma opção.

Os endereços C-DA e C-SA estão incluídos no TCI do I-Tag na Figura 10.3.

Um quadro PBB pode incluir os seguintes valores de TPID (valores *Ethertype*):

- 0 x 8100 (C-tags);
- 0 x 88A8 (S-tags ou B-tags);
- 0 x 88C7 (I-tags).

O valor *Ethertype* na parte inferior da Figura 10.3 indica o protocolo referente ao payload do quadro, indicação essa obtida normalmente via SNAP (*Subnetwork Access Protocol*).

#### • Redes PBB (PBBNs)

As PBBNs são constituídas por dois tipos de bridge:

- *Backbone Core Bridges* (BCBs);
- *Backbone Edge Bridges* (BEBs).

A Figura 10.4 apresenta uma PBBN em sua configuração básica.

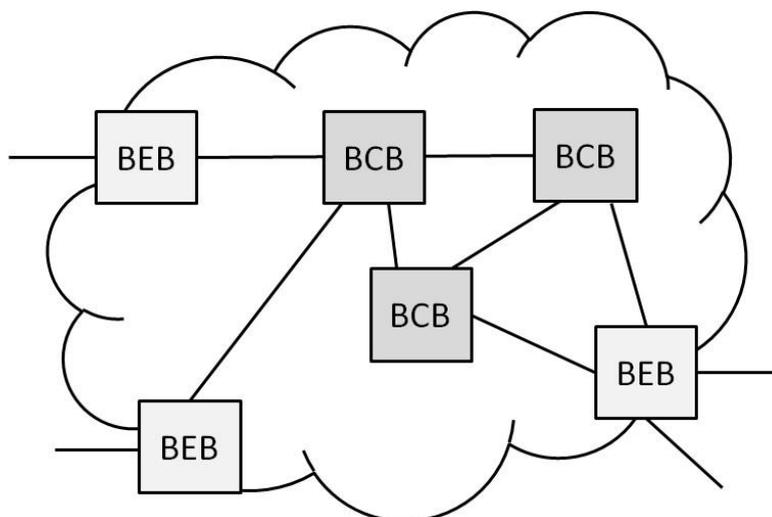


Figura 10.4 – Configuração básica de uma PBBN (IEEE 802.1Q – 2014).

Os equipamentos de usuário podem estar conectados às BEBs diretamente ou através de redes de acesso, como, por exemplo, uma PBN.

É possível também o transporte de tráfego S-VLAN não encapsulado pelo PBB no interior da PBBN, alocando-se parte do espaço de VIDs da PBBN para S-VLANs, ou seja, para a constituição de PBNs utilizando a infraestrutura da PBBN.

As BEBs podem ser dos seguintes tipos:

- I-BEB (contém um componente *Interface*, ou seja, um *I-comp*);
- T-BEB (contém um componente *TPMR*, ou seja, um *T-comp*);
- B-BEB (contém um componente *Backbone*, ou seja, um *B-comp*);
- ITB-BEB (contém um *B-comp* e um ou mais *I-comps* e/ou *T-comps*).

As interfaces de serviço para clientes no PBB encontram-se relacionadas na Figura 10.5.

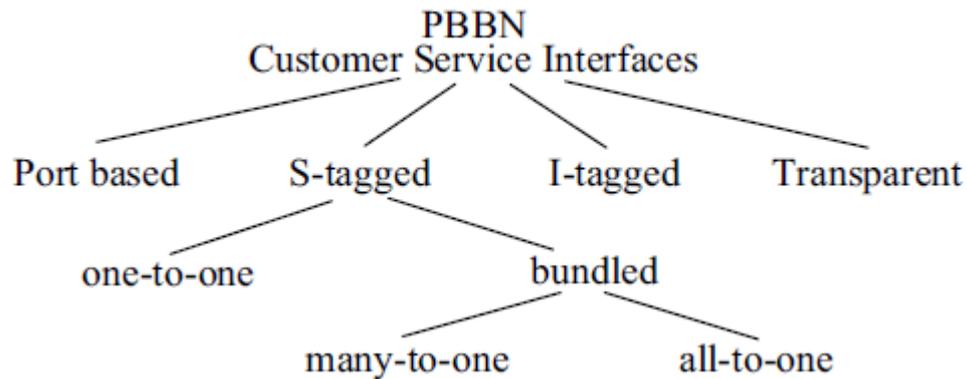


Figura 10.5 – Interfaces de serviços para clientes no PBB (IEEE 802.1Q-2014).

- **PBB em Carrier Ethernet**

Uma PBBN pode constituir-se em uma CEN de um provedor de serviço que oferece conectividade entre UNIs de uma EVC. Da mesma forma, uma PBBN pode constituir-se em uma rede de operador de rede que oferece conectividade entre Pontos de Terminação de OVC de uma OVC (UNI-ENNI ou ENNI-ENNI).

Ressalvada a maior escalabilidade oferecida pelo PBB, uma PBBN se comporta da mesma forma que uma PBN como suporte a serviços Carrier Ethernet, conforme descrição no subitem anterior. A maior escalabilidade resulta do fato de que uma EVC ou uma OVC é associada um valor de I-SID (que é constituído por 16 bits).

#### 10.2.1.4 – PBB-TE

O PBB-TE (*Provider Backbone Bridging – Traffic Engineering*), especificado inicialmente no padrão IEEE 802.1Qay, foi concebido para suportar serviços orientados a conexão, com alto desempenho e com Engenharia de Tráfego (TE).

O PBB-TE foi posteriormente incorporado ao padrão IEEE 802.1Q-2014.

O formato do quadro a ser utilizado é o mesmo que o do PBB.

O PBB-TE, contudo, não teve boa aceitação pelo mercado, razão pela qual não será aqui abordado.

## 10.2.2 – Tecnologias Baseadas em MPLS

O MEF considera três tecnologias de transporte de Carrier Ethernet baseadas em MPLS:

- MPLS VPWS (*Virtual Private Wire Service*);
- MPLS VPLS (*Virtual Private LAN Service*);
- MPLS-TP (*MPLS Transport Profile*).

Uma rede MPLS é constituída por LSRs (*Label Switching Routers*), sendo que os LSRs onde se conectam os equipamentos de usuário são referidos como PEs (*Provider Edge Equipments*) ou LERs (*Label Edge Routers*). Os LSRs no interior da rede são referidos como Ps (*Provider Equipments*) ou simplesmente como LSRs.

Os circuitos virtuais do MPLS, constituídos administrativamente pelo Plano de Gerenciamento ou por meio de sinalização via Plano de Controle, são denominados LSPs (*Label Switching Paths*).

No Plano de Dados utiliza-se um label básico, mais externo no quadro, referido como label de LSP. Cada link de um LSP em um sentido é identificado por um dado label de LSP

Um label de LSP admite três formatos:

- DLCI (em MPLS suportado por *Frame Relay*);
- VPI/VCI (em MPLS suportado por ATM);
- Formato genérico (em MPLS suportado por Ethernet ou PPP).

Um label no formato genérico encontra-se representado na Figura 10.6.

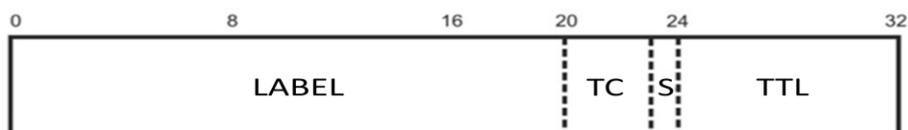


Figura 10.6 – Label no formato genérico (IETF)

O label propriamente dito, com 20 bits, oferece uma escalabilidade elevada para o MPLS, que se reflete em Carrier Ethernet utilizando o MPLS.

O campo TC (*Traffic Class*), com 3 bits, é equivalente ao campo PCP em VLAN tags, o que possibilita a codificação de CoS IDs (controle de prioridade em filas) e a codificação de precedência para descarte de quadros.

O campo TTL (*Time to Live*), com 8 bits, é utilizado para a mitigação de loops.

Os labels no MPLS podem constituir pilhas de labels (*label stacks*). O bit S no label genérico indica a posição do label na pilha de labels. O label de LSP, que é o label mais externo no quadro (mais próximo a camada física), é também referido

como *Top Label* e corresponde ao valor  $S = 0$ . Esse label pode não possuir o formato genérico como visto anteriormente.

Ao label mais interno no quadro, referido como *Botton Label*, corresponde o valor  $S = 1$ . Esse label diz respeito tipicamente à aplicação utilizada no MPLS. O Plano de Dados do MPLS apresenta, tipicamente, a arquitetura da Figura 10.7.

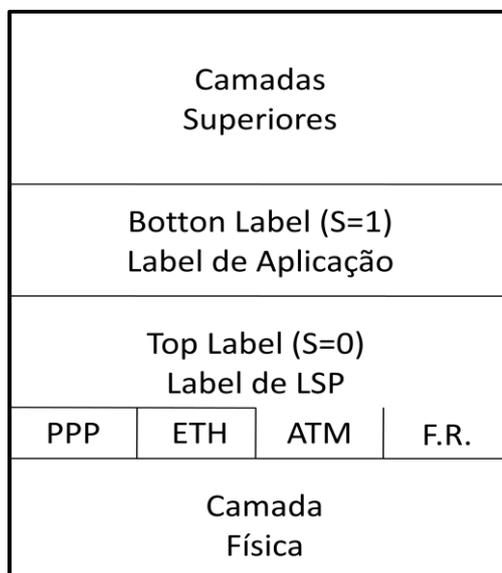


Figura 10.7 – Arquitetura do Plano de Dados do MPLS (IETF).

Um exemplo comum de label de aplicação é o label de PW (*pseudowire*). Os labels de aplicação utilizam obrigatoriamente o formato genérico.

*Pseudowires* em MPLS são conexões virtuais ponto a ponto fim a fim estabelecidas nos extremos de um LSP. Esse LSP pode ser entre UNIs-N, entre ENNIs-N ou entre uma UNI-N e uma ENNI-N.

A constituição de PWs objetiva a conexão entre múltiplos pares de terminação de processos utilizando um único LSP como suporte.

As aplicações VPWS e VPLS, que possibilitam a conexão de MPLS a redes Ethernet externas, utilizam PWs.

No MPLS Básico e no MPLS-TE, onde os LSPs e os PWs são unidirecionais, é necessária a utilização de dois LSPs, cada um com um PW, em sentidos inversos, para a comunicação full-duplex entre dois processos.

Como no MPLS-TP podem existir LSPs bidirecionais, torna-se possível a constituição direta de um PW bidirecional sobre um único LSP desse tipo.

Múltiplos PWs podem ser transportados sobre um único LSP, e cada um desses PWs pode representar um diferente tipo de serviço (VPWS e VPLS, por exemplo).

### 10.2.2.1 – VPWS

O VPWS é uma tecnologia baseada em MPLS destinada ao transporte ponto a ponto de diferentes tipos de quadros (Ethernet, *Frame Relay*, ATM, HDLC, etc...).

Os PWs no VPWS terminam diretamente nos equipamentos das redes conectadas, não oferecendo qualquer forma de comutação ou de concentração na rede MPLS.

A conexão de um VPWS PW (assim como de um VPLS PW) ao equipamento do usuário, ocorre por meio de um *Attachment Circuit* (AC), que representa um link físico (no que se denomina acesso no *Raw Mode*) ou um link físico e um identificador virtual a exemplo de um C-VLAN ID (no que se denomina acesso no *Tagged Mode*).

O VPWS é uma forma alternativa de transporte ponto a ponto mais econômica que tecnologias modo circuito, como SDH e OTN, por exemplo. Essa economicidade resulta do fato de que o MPLS é uma tecnologia modo pacote, possibilitando então o compartilhamento de recursos da rede.

Em Carrier Ethernet, o VPWS é utilizado para a prestação dos serviços EPL, EVPL, *Access EPL* e *Access EVPL*. Pode ser utilizado também no serviço *E-Transport*. Os PEs podem tunelar qualquer quadro sobre o VPWS, com exceção de quadros PAUSE.

Conforme menção anterior, os PWs podem operar no *Raw Mode* ou no *Tagged Mode*. O *Raw Mode*, que equivale ao modo *Port-Based*, adequa os PWs no VPWS ao serviço EPL, enquanto o *Tagged Mode*, que equivale ao modo *VLAN-Based*, adequa os PWs no VPWS ao serviço EVPL, que pode utilizar os atributos de serviço Agrupamento e Multiplexação de Serviços.

Resiliência no VPWS, e no serviço Carrier Ethernet por ele suportado, pode ser provida por redundância de LSPs e de PWs. Essa possibilidade pode se basear em proteção linear definida na Recomendação ITU-TG. 8031 ou no MPLS FRR (*Fast Rerouting*), sendo que essas duas opções possibilitam proteção em tempo inferior a 50 ms.

A escalabilidade oferecida pelos serviços utilizando VPWS é elevada, como em todos os serviços MPLS.

### 10.2.2.2 – VPLS

No VPLS, diferentemente do VPWS, os PWs (ponto a ponto) terminam em switches Ethernet emulados nos PEs, referidos como VSIs (*Virtual Switch Instances*).

São constituídas VPLS VPNs, sendo cada VPLS VPN constituída por um conjunto de VSIs interligadas, normalmente em topologia full-mesh, com PWs nos dois sentidos, sendo cada um desses sentidos identificado por um *PW label*. Dessa forma, o VPLS pode possibilitar a prestação de serviços multiponto, com o envolvimento exclusivo dos PEs.

No *Raw Mode*, uma VPLS VPN atende a totalidade dos C-VLAN IDs que atingem os PEs configurados com VSIs da VPLS VPN. No *Tagged Mode*, cada VPLS VPN é associada a um C-VLAN ID ou a um subconjunto de C-VLAN IDs que atingem os PEs configurados com VSIs da VPLS VPN.

No interior da rede MPLS, cada VPLS VPN é associada a *PW labels*, que, conduzidos nos LSPs que suportam os PWs associados à VPLS VPN, identificam a VSI configurada em cada PE de destino pertinente à VPLS VPN.

Como o número máximo de VPLS VPNs é função do número de *PW labels*, a escalabilidade do VPLS é elevada. Cada EVC ou OVC é associada a uma VPLS VPN.

A operação de uma VPLS VPN requer aprendizagem de endereços MAC para o direcionamento de um quadro unicast. Essa aprendizagem, que se assemelha à aprendizagem MAC no PBB, permite a identificação do PE de destino, possibilitando a utilização do correspondente LSP ( e do correspondente PW) sem a inundação da VPLS VPN.

Cada VSI de uma VPLS VPN é identificada, no acesso ao usuário, por um *Attachment Circuit (AC)*, representado por um link físico (no *Raw Mode*) ou por um link físico e um ou mais C-VLAN IDs (no *Tagged Mode*).

Todos os serviços Carrier Ethernet podem ser atendidos pelo VPLS, que pode envolver qualquer número de PEs em uma EVC ou OVC. O *Raw Mode* é indicado para serviços privativos, enquanto o *Tagged Mode* é indicado para serviços privativos virtuais.

A prestação de serviços E-Tree é facilitada pelo VPLS, posto que a topologia a partir de um PE pode ser em estrela, o que possibilita impedir o tráfego entre UNIs Folha sem a necessidade de mecanismos de filtragem de quadros nessas UNIs. Basta não configurar PWs entre UNIs Folha para que ocorra esse impedimento.

A proteção de serviços Carrier Ethernet sobre VPLS ocorre de forma similar ao caso do serviço VPWS.

### 10.2.2.3 – MPLS-TP

MPLS-TP é uma opção de MPLS que objetiva aproximar o desempenho da rede ao desempenho das rede de transporte modo circuito, como SDH e OTN, constituindo-se assim em uma rede do tipo PTN (*Packet Transport Network*).

Sendo uma tecnologia modo pacote, o MPLS-TP se apresenta como uma solução mais econômica que as redes de transporte modo circuito quando o tráfego não é constante.

Para maior flexibilidade, o MPLS-TP foi desenhado de modo a facilitar a alternativa de constituição de LSPs e de PWs administrativamente pelo Plano de Gerenciamento da rede. Alternativamente, pode ser utilizado o Plano de Controle, que tem como base o GMPLS (*Generalized MPLS*).

Para se aproximar do perfil de transporte, o MPLS-TP não utiliza algumas facilidades do IP/MPLS (ou seja, do MPLS Básico ou do MPLS-TE), como, por exemplo, *Penultimate Hop Popping* (PHP), fusão de labels (*labels merging*) e *Equal Cost Multi Path* (ECMP).

Uma característica do MPLS-TP que merece realce é a possibilidade de constituição de LSPs bidirecionais corroteados em um só processo de sinalização.

O MPLS-TP utiliza o mesmo formato de quadros que o IP/MPLS, e oferece os mesmos serviços, incluindo o MPLS-TP VPWS e o MPLS-TP VPLS.

Os serviços EPL e EVPL são atendidos pelo MPLS-TP VPWS, nos mesmos moldes que pelo IP/VPLS VPWS, com a ressalva da possibilidade de suporte a LSPs bidirecionais corroteados pelo MPLS-TP.

Para os serviços E-LAN e E-Tree utiliza-se o serviço MPLS-TP VPLS, que, do mesmo modo que o serviço IP/MPLS VPLS, possibilita a prestação dos serviços E-Tree sem a necessidade de filtragem especial de tráfego nas UNIs Folha.

A escalabilidade do MPLS-TP é elevada, como em todos os serviços MPLS. O MPLS-TP suporta comutação de proteção em tempo inferior a 50ms, com base na redundância de LSPs e de PWs e no FRR.

### 10.2.3- Tecnologias de Transporte Transparentes

O MEF relaciona as seguintes tecnologias de transporte transparentes (tecnologias de transporte modo circuito):

- *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH);
- *Optical Transport Network* (OTN);
- Redes WDM (*Wavelength Division Multiplexing*).

#### 10.2.3.1- SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

O SDH é a hierarquia de multiplexação hoje predominante em sistemas de transmissão digital síncrona. Ela é composta por agregados de linha, denominados STM-N (*Synchronous Transport Modules* de ordem N), onde N pode assumir os valores 1,4,16,64 e 256.

O agregado de linha básico é o STM-1, que representa a transmissão de 2.430 octetos (9 x 270) em um quadro, a cada 125  $\mu$ s. Isso significa que esse quadro é transmitido 8.000 vezes por segundo, resultando a velocidade de transmissão de 155,520 Mbit/s.

Os quadros STM-N possuem *payloads* básicos onde são mapeados sinais tributários. Esses *payloads* são referidos como *containers* (C-12 e C-4, por exemplo). Os sinais tributários podem corresponder aos sinais digitais do PDH no padrão americano ou no padrão europeu. Outros tipos de sinais tributários foram especificados, como células ATM, por exemplo.

Adota-se no Brasil o padrão europeu, definido pelo ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*).

A arquitetura SDH é composta por três camadas:

- Seção de regeneração, ou camada de seção;
- Seção de multiplexação, ou camada de linha;
- Camada de trajeto.

A cada uma dessas camadas corresponde um tipo de *overhead*, que é processado, respectivamente, pelos regeneradores, equipamentos terminais de linha (LTEs) e equipamentos terminais de trajeto (PTEs). Tais equipamentos são partes integrantes de um circuito SDH.

Os equipamentos terminais do SDH apresentam-se nos seguintes tipos básicos:

- DXC (*Digital Cross Connect*);
- ADM (*Add-Drop Multiplexer*);
- RDXC (*Reconfigurable DXC*);
- RADM (*Reconfigurable ADM*);
- TM (*Terminal Multiplexer*).

Os ADMs caracterizam-se pela possibilidade de derivar sinais tributários do SDH ao longo de topologias em barramento ou anel.

Embora não sendo parte integrante do SDH, utiliza-se um agregado de linha que opera à taxa de 51,840 Mbit/s, designado por STM-0, que corresponde ao STS-1 (Synchronous Transport Signal de ordem 1) da hierarquia SONET. A hierarquia SONET antecedeu o SDH, sendo de uso disseminado nos Estados Unidos.

O SDH encontra-se especificado nas recomendações do ITU-T G.707, G.708 e outras.

- **Quadro STM-N**

O quadro STM-N tem a estrutura apresentada na Figura 10.8.

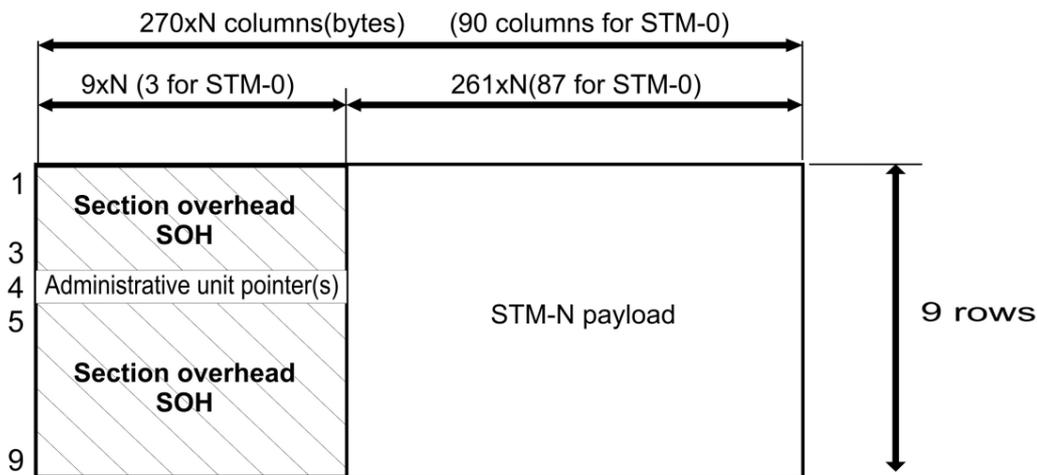


Figura 10.8-Estrutura do quadro STM-N.

Observa-se nessa figura a presença do *overhead* de seção (SOH) e do(s) ponteiro(s) de unidade administrativa. O SOH é composto pelo RSOH (*Regenerator Section Overhead*), ocupando  $N \times 27$  octetos ( $N \times 3 \times 9$ ), e pelo MSOH (*Multiplex Section Overhead*), ocupando  $N \times 45$  octetos ( $N \times 5 \times 9$ ).

Entre o RSOH e MSOH encontram-se o(s) ponteiro(s) de unidade administrativa, cuja função será vista adiante neste item.

Essa figura não exibe o POH (*Path Overhead*), componente incluído no *STM-N payload* (com  $N \times 261$  octetos) ao longo da montagem do quadro STM-N. O POH é composto em diferentes níveis.

Um quadro STM-N, como se observa na figura, é produto da multiplexação de N quadros STM-1 no período de  $125 \mu s$ , do que resulta as velocidades de  $N \times 155,520$  Mbit/s para um STM-N.

O quadro STM-N contém os seguintes Elementos de Sinal:

- Containers (Cs);
- Containers Virtuais (VCs);
- Unidades Tributárias (TUs);
- Grupos de Unidades Tributárias (TUGs);
- Unidades Administrativas (AUs);
- Grupos de Unidades Administrativas (AUGs).

#### • Containers (Cs)

Os containers são as unidades mais elementares da estrutura STM-N. Todos os tributários externos, inclusive os tributários PDH, são mapeados nos respectivos containers.

Existem os seguintes tipos de containers na estrutura de multiplexação do SDH no padrão europeu: C-12, C-3, C-4, C-4-4c, C-4-16c, C-4-64c e C-4-256c. Essa

relação não considera os tributários PDH do padrão ANSI (*American National Standards Institute*).

- **Containers Virtuais (VCs)**

Um VC corresponde à carga transportada pela rede SDH entre terminações de seção de trajeto na rede. Um VC é composto por um container (*VC payload*) e pelo respectivo POH (*Path Overhead*).

Na hierarquia ETSI, os trajetos de baixa ordem (LPs, *low-order paths*) são constituídos por VCs-12 ou, alternativamente, por VCs-3. Estes são mapeados em VCs-4, que constituem os trajetos de alta ordem (HPs, *high-order paths*).

Um VC-4 pode estar estruturado como um espaço único de carga destinado a transportar uma carga externa de velocidade alta, ou estar subdividido em unidades tributárias, as quais recebem os VCs de baixa ordem.

- **Unidades Tributárias (TUs)**

Uma TU tem como objetivo o provimento de adaptabilidade entre camadas de trajeto de alta ordem e camadas de trajeto de baixa ordem. Uma TU é constituída pela adição de um ponteiro de TU (TU PTR) a um VC de baixa ordem, sendo o ponteiro utilizado para indicar o posicionamento do VC de baixa ordem com relação à posição de início do quadro do VC de alta ordem.

No padrão ETSI existem a TU-12 e a TU-3.

- **Grupos de Unidades Tributárias (TUGs)**

O papel de um TUG é coletar um ou mais TUs e colocá-los em uma posição fixa no payload de um VC de mais alta ordem. Não há acréscimo de overhead quando da formação de um TUG.

Existem duas classes de TUG, que são o TUG-2 e o TUG-3.

- **Unidades Administrativas (AUs)**

Uma AU funciona como um adaptador entre a camada de trajeto de ordem mais elevada e a camada de seção de multiplexação. Uma AU consiste em um *payload* e um ponteiro de AU (AU PRT).

O *payload* transporta um VC de alta ordem e o AU PTR indica a posição relativa do VC de alta ordem ao longo da multiplexação em cascata proporcionada pelos AUGs.

- **Grupos de Unidades Administrativas (AUGs)**

A área de carga do sinal de linha STM-N constitui um grupo de unidades administrativas (AUG). Um AUG agrega uma ou mais AUs inseridas em um

quadro STM-N. Um AUG-4, por exemplo, corresponde à área de carga de um sinal STM-4 e, na hierarquia ETSI, é composto por quatro AUs-4.

- **Mapeamento de Tributários PDH**

Os tributários PDH (padrão europeu) são mapeados no SDH conforme a figura 10.9.

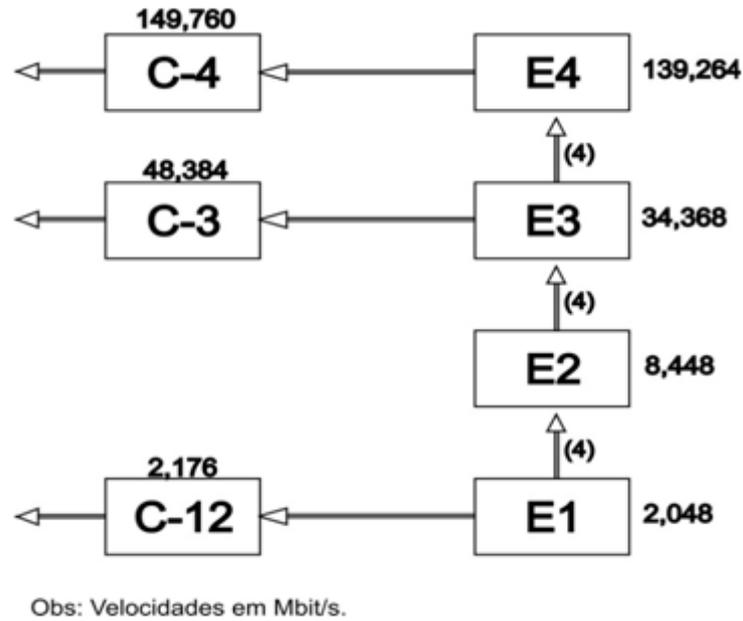


Figura 10.9- Mapeamento de Tributários PDH no SDH (Avulso).

Como se observa nessa figura, o sinal E2 (8,448 Mbit/s) não é mapeado diretamente no SDH.

- **Resumo de Velocidades**

A Figura 10.10 apresenta um resumo de velocidades utilizadas pelo SDH e seus tributários PDH no padrão europeu.

STM-N		VCs			Tributários PDH	
Tipo	Velocidade	Tipo	Velocidade de Quadro	Velocidade de Payload	Tipo	Velocidade
—	—	VC-12	2,240	2,176	E1	2,048
STM-0	51,840	VC-3	48,960	48,384	E3	34,368
STM-1	155,520	VC-4	150,336	149,760	E4	139,264
STM-4	622,080	VC-4-4C	601,344	599,040	—	—
STM-16	2.488,320	VC-4-16C	2.405,376	2.396,160	—	—
STM-64	9.953,280	VC-4-64C	9.621,504	9.584,640	—	—
STM-256	39.813,120	VC-4-256C	38.486,016	38.338,560	—	—

Obs: Velocidades em Mbit/s.

Figura 10.10 – Resumo de velocidades (Avulso).

### 10.2.3.2-Next Generation SDH (NG-SDH)

Para atenuar a ineficiência inerente ao SDH, que opera com tributários discretos com valores de capacidade muito afastados, o ITU-T especificou uma técnica fim a fim complementar ao SDH, referida como VCAT (*Virtual Concatenation*).

O uso da VCAT (que será abordado com maior profundidade adiante neste item) aumenta consideravelmente a eficiência de uso do SDH como suporte a diferentes tecnologias de rede, dentre as quais se encontra a *Ethernet*.

Como as necessidades de vazão de tráfego por parte dos usuários podem variar ao longo do tempo, tornou-se necessária a definição de um mecanismo de redimensionamento automático dos agrupamentos obtidos pela VCAT, sem a interrupção do tráfego que por eles cursa.

Esse objetivo foi alcançado mediante a especificação do mecanismo referido como LCAS (*Link Capacity Adjustment Scheme*), pela recomendação ITU-T G. 7042/Y. 1304.

A VCAT e o LCAS serão abordados adiante neste item.

Para a intermediação do mapeamento de quadros de diferentes tecnologias no SDH foram especificados, pelo ITU-T, o GFP (*Generic Framing Procedure*) e, como opção alternativa, o LAPS (*Link Access Procedure-SDH*), que serão vistos adiante neste capítulo para o caso particular de mapeamento de quadros Ethernet.

O uso combinado do GFP (ou mesmo do LAPS), da VCAT e do LCAS representa a otimização da funcionalidade e a maximização da eficiência do SDH como tecnologia de transporte de pacotes. A utilização desse conjunto para o transporte de diferentes tecnologias sobre o SDH denomina-se *Next Generation SDH* (NG-SDH).

No contexto do NG-SDH, o uso do GFP ou do LAPS independe da utilização da VCAT e do LCAS. O GFP pode ser mapeado em SDH com ou sem o

uso da VCAT. A maximização de benefícios ocorre, contudo, com uso conjunto desses procedimentos.

A VCAT pode ser utilizada independentemente do LCAS, mas o uso do LCAS está condicionado ao uso da VCAT.

### 10.2.3.3-Concatenação de VCs em SDH

Os VCs especificados para o SDH básico, que são os VC-12, VC-3 e VC-4 se for considerado apenas o acesso de tributários PDH no padrão europeu, possuem, como visto anteriormente, as velocidades dos respectivos *payloads* iguais a 2,176 Mbit/s, a 48,384 Mbit/s e a 149,760 Mbit/s.

Essas alternativas de capacidade apresentam as seguintes limitações:

- Alcançam limites reduzidos de velocidade, impossibilitando o atendimento de aplicações de alta vazão de tráfego;
- Apresentam elevado afastamento entre as suas velocidades, tornando ineficiente o atendimento de aplicações com velocidades intermediárias.

Para solucionar a primeira limitação, foi definida a tecnologia denominada concatenação contígua de VCs SDH. A concatenação contígua de VCs possibilita a elevação das velocidades do SDH, mas amplia ainda mais os afastamentos entre velocidades.

Para atenuar a limitação causada pelo afastamento de velocidades entre os VCs básicos e entre VCs obtidos por concatenação contígua de VCs, o ITU-T especificou uma nova tecnologia, referida com concatenação virtual (VCAT) de VCs SDH.

Essas tecnologias foram definidas na recomendação G.707 para o SDH, e pelo padrão ANSI T.105 para o SONET.

### 10.2.3.4-Concatenação Contígua de VCs

A concatenação contígua de VCs é obtida pela aglutinação de VCs ao longo de todo um trajeto SDH. Em todos os elementos de rede desse trajeto ocorre a concatenação de VCs.

Um conjunto de VCs concatenados de forma contígua é representado pela forma VC-n-Xc, onde *n* representa os VCs concatenados (VCs-11, VCs-12, VCs-2, VCs-3 ou VCs-4), e Xc representa o número de VCs concatenados de forma contígua (daí a letra *c*).

Para o padrão europeu foram especificados apenas os agrupamentos VC-4-Xc (X igual a 1,4,16,64 ou 256).

Os agrupamentos VC-4-Xc objetivam exclusivamente a ampliação de velocidades. Os STMs (STM-4, STM-16, STM-64 e STM-256) podem resultar do mapeamento de um dos respectivos agrupamentos VC-4-Xc.

### 10.2.3.5-Concatenação Virtual (VCAT)

Na tecnologia VCAT, especificada na recomendação ITU-T G.707/Y.1322 (*Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy – SDH*), ao contrário do que ocorre na concatenação contígua, apenas as terminações do agrupamento de VCs participam da concatenação. Os VCs concatenados mantêm as suas individualidades ao longo dos respectivos trajetos (que podem ser diferentes), sendo recombinaados nas terminações comuns desses trajetos.

Um conjunto de VCs concatenados em conformidade com a VCAT é representado pela forma VC-n-Xv, de modo assemelhado à concatenação contígua, sendo que a letra v indica concatenação virtual.

Os agrupamentos VC-n-Xv (ou agrupamentos VC-m-Xv) são também referidos como VC-n-Xv (ou VC-m-Xv) VCGs (*Virtual Concatenation Groups*), ou simplesmente como VCGs.

Ao contrário do que ocorre na concatenação contígua de VCs, onde os valores de X na expressão VC-n-Xc assumem valores definidos, o VCAT possibilita a concatenação de números arbitrários de VCs, respeitado o limite máximo de 256 VCs. Dessa forma, a capilaridade, e a conseqüente eficiência de uso da rede, é amplamente incrementada.

A recomendação ITU-T G.7043/Y.1343 (*Virtual Concatenation of Plesiochronous Digital Hierarchy – PDH*), complementando a definição da VCAT, define a concatenação virtual de sinais PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*).

- **Velocidades SDH com VCAT**

A Figura 10.11 representa as possíveis concatenações virtuais de VCs SDH, com as velocidades dos respectivos payloads.

VC SDH	VC-n-Xv (Velocidades de <i>Payload</i> )			
	Valor de X	X=1	X=64,X=256	Degaus
VC-11	1 a 64	1,600 Mbit/s	102,400 Mbit/s	1,600 Mbit/s
VC-12	1 a 64	2,176 Mbit/s	139,264 Mbit/s	2,176 Mbit/s
VC-2	1 a 64	6,784 Mbit/s	434,176 Mbit/s	6,784 Mbit/s
VC-3	1 a 256	49,536 Mbit/s	12,681 Gbit/s	49,536 Mbit/s
VC-4	1 a 256	149,760 Mbit/s	38,339 Gbit/s	149,760 Mbit/s

Figura 10.11-Velocidades SDH com VCAT (Avulsa).

- **Vantagens e Restrições da VCAT**

Conforme menção anterior, a VCAT tem como principal razão o ganho de eficiência no uso dos VCs SDH em algumas aplicações, como no caso de Ethernet a 10 Mbit/s, 100 Mbit/s (*Fast Ethernet*) e 1 Gbit/s (*Gigabit Ethernet*).

O atendimento de 10 Mbit/s *Ethernet* por um VC-3 (49,536 Mbit/s) utiliza apenas 20% da banda disponível. O uso do VCG VC-12-5v (10,880 Mbit/s) permite a utilização de cerca de 92% dessa banda.

Para o atendimento do *Fast Ethernet* pelo SDH é utilizado um VC-4 (149,760 Mbit/s), o que representa o aproveitamento de 67% da banda. O uso do VCG VC-12-46v (100,096 Mbit/s) representa a utilização de praticamente 100% da banda.

No caso do *Gigabit Ethernet*, a utilização de um VC-4-16c (2,396 Gbit/s) resulta na utilização de cerca de 42% da banda. O uso do VCG VC-4-7v (1,048 Gbit/s) representa a utilização de cerca de 95% da banda.

Uma outra vantagem da VCAT é a possibilidade de utilização de diferentes trajetos SDH para a constituição de VCGs. Em caso de topologia em anel com ADMs, um VCG pode utilizar trajetos nos dois sentidos do anel.

Observa-se, por outro lado, que o uso de diferentes trajetos em um VCG ocasiona retardos diferenciais entre VCs concatenados. Para compensar os retardos diferenciais, a terminação de recepção do VCG utiliza um *buffer*, dimensionado de forma tal que o valor máximo de retardo diferencial seja de 256 ms.

Os VCs de um VCG recebem um mesmo valor de label para possibilitar a concatenação na recepção. Esse label é referido como *Multi-Frame Indicator* (MFI).

A par dessas vantagens, a VCAT apresenta duas restrições, que resultam da inflexibilidade no número de VCs que constituem um VCG.

Se um ou mais VCs falham, todo o VCG deixa de operar. Por outro lado, caso a necessidade de banda passante aumente ou diminua durante a utilização do VCG, o ajustamento do número de VCs só pode se efetivar com a interrupção da utilização.

O LCAS (*Link Capacity Adjustment Scheme*) objetiva eliminar essas restrições.

#### **10.2.3.6- Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS)**

O LCAS, definido na recomendação ITU-T G.7042/Y.1305 (*Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS) for Virtual Concatenated Signals*), consiste em uma técnica destinada a aumentar ou reduzir a capacidade de um sinal concatenado virtualmente em uma rede SDH ou em uma OTN. O LCAS, que opera sobre a VCAT, pode possibilitar a continuidade operacional de um VCG quando ocorre aumento ou redução do número de seus membros.

Ademais, o LCAS possibilita o ajuste automático da capacidade de um VCG em caso de falha de um ou mais de seus membros. Possibilita também o retorno dos membros que falharam à operação normal após o reparo das falhas.

O LCAS é um mecanismo unidirecional, sendo necessários dois processos em sentidos inversos para possibilitar uma alteração de capacidade de modo bidirecional. Para cada um desses processos existem um lado fonte, ou de origem, referido como *So*, e um lado de destino (*sink*) referido como *Sk*.

A recomendação ITU-T G.7042/Y.1305 define os requeridos estados na terminação de origem e na terminação de destino de um grupo VCAT (VCG). Define também as informações de controle intercambiadas entre essas terminações, necessárias para o redimensionamento flexível do sinal concatenado virtualmente.

Para maiores detalhes relativos aos campos que conduzem essas informações de controle, recomenda-se aos leitores consultar também as recomendações ITU-T G.707/Y.1322 e ITU-T G.783 (*Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Equipment Functional Blocks*), ambas para o SDH, e as recomendações ITU-T G.709/Y.1331 (*Interfaces for the Optical Transport Networks*) e ITU-T G. 798 (*Characteristics of Optical Network Hierarchy Equipment Functional Blocks*), ambas para OTN.

### 10.2.3.7–OTN (Optical Transport Network)

A arquitetura de OTN foi definida na recomendação ITU-T G.872 (*Architecture of Optical Transport Networks*). Essa recomendação foi complementada pela recomendação ITU-T G.709/Y.1331 e pela recomendação ITU-T G.798 (*Characteristics of Optical Network Hierarchy Equipment Functional Blocks*).

OTNs podem ser utilizadas para o mapeamento nativo de sinais de cliente, para o mapeamento de canais SDH e para o mapeamento de quadros do GFP.

Embora o SDH possa alcançar velocidades de transmissão elevadas (foi especificado o STM-256 como limite máximo, correspondente a 40 Gbit/s), o desenvolvimento das OTNs se justificou por diferentes razões:

- Possibilidade de acréscimo de novos canais de *overhead* que acrescentariam as funcionalidades requeridas para a realização eficiente de funções de OAM&P na rede WDM;
- Provimento de uma forma mais poderosa de realização da função FEC (*Forward Error Correction*);
- Provimento de um envelope de *payload* menos granular para o transporte de sinais de cliente com larguras de banda mais elevadas.

OTN foi inicialmente definida de forma limitada a 40 Gbit/s. A atual versão da recomendação ITU-T G.709/Y.1331 (2012), referida como OTN versão 3, suporta o mapeamento de sinais a 100 Gbit/s, através da ODU4. A OTN versão 3 suporta também a transmissão de sinais de 1 Gbit/s, pela ODU0.

- **Arquitetura de OTN**

A arquitetura de OTN encontra-se resumida na Figura 10.12.

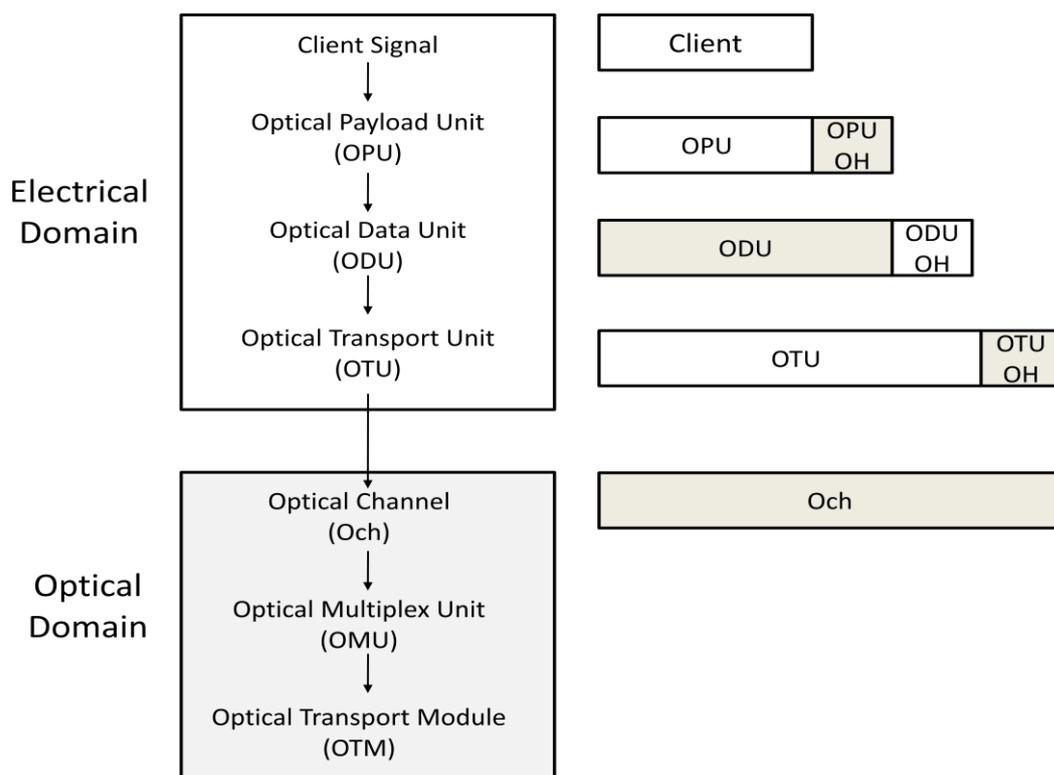


Figura 10.12 -Arquitetura de OTN (Avulso).

Como se observa nessa figura, um quadro OTU, ao penetrar no domínio óptico, passa a constituir um *Och* (*Optical Channel*). Múltiplos canais ópticos assim constituídos são multiplexados em frequência (em comprimento de onda, na verdade) pela OMU (*Optical Multiplex Unit*). Um sistema WDM (*Wavelength Division Multiplex*) representa uma OMU.

O sinal óptico agregado na saída da OMU constitui o OTM (*Optical Transport Module*), que alimenta unidirecionalmente uma fibra óptica.

- **Tipos de ODU**

Estão especificados atualmente os seguintes tipos de ODU: ODU0, ODU1, ODU2, ODU2e, ODU3, ODU4 e ODUflex.

A Figura 10.13 apresenta as diferentes ODUs de alta ordem utilizadas como servidoras, assim como as ODUs de baixa ordem utilizadas como clientes de cada uma das ODUs servidoras. Nessa figura encontram-se relacionadas as velocidades de transmissão de todas as ODUs especificadas.

ODU Cliente	ODU Servidora
ODU0 (1,25 Gbit/s)	ODU1 (2,5Gbit/s)
ODU0, ODU1, ODUflex	ODU2 (10Gbit/s)
ODU0, ODU1, ODU2, ODU2e (10,3125 Gbit/s), ODUflex	ODU3 (40 Gbit/s)
ODU0, ODU1, ODU2, ODU2e, ODU3, ODUflex	ODU4 (100 Gbit/s)

**Obs:** Na ODUflex podem ser mapeados pacotes de clientes de 1,25 Gbit/s a 100 Gbit/s.

**Figura 10.13 -ODUs servidoras e respectivas ODU's clientes (Avulso).**

Conforme a recomendação ITU-T G.709, as ODU's clientes são referidas como ODU<sub>j</sub> (j=0, 1, 2, 2e, 3 e flex), enquanto as ODU's servidoras são referidas como ODU<sub>k</sub> (k=1, 2, 3 e 4).

As OTU<sub>k</sub> são servidoras das ODU's de mesma classe (ou seja, das ODU<sub>k</sub>), como mostra a figura 10.14.

ODU Cliente	OTU Servidora
ODU0	-
ODU1	OTU1
ODU2	OTU2
ODU2e	-
ODU3	OTU3
ODU4	OTU4
ODUflex	-

**Figura 10.14 - OTU<sub>k</sub> como servidoras de ODU<sub>k</sub> clientes (Avulso).**

Verifica-se, nessa figura que as ODU0, ODU2e e ODUflex não possuem OTUs servidoras próprias, utilizando OTUs servidoras de outras ODU's. Assim a ODU2e, por exemplo, é cliente da ODU3 ou da ODU4, que por sua vez são clientes da OTU3 e da OTU4, respectivamente.

A ODU2 não é capaz de suportar um *bit stream* transparente à velocidade de 10 Gbit/s, necessário, por exemplo, para o transporte da velocidade de linha Ethernet 10GBASE-R nativamente (ou seja, sem intermediação do GFP ou do SDH).

Com o propósito de viabilizar esse transporte, foi especificado o contêiner virtual ODU2e, de baixa ordem, inicialmente na recomendação ITU-T G.sup43 (*Transport of IEEE 10GBASE-R in Optical Transport Networks (OTN)*). Essa

especificação foi incorporada à versão atual da recomendação ITU-T G.709 (de 2012). A ODU2e suporta a velocidade de 10,3125 Gbit/s, superior àquela suportada pela ODU2.

Uma ODUflex é similar à VCAT, por permitir a concatenação virtual de múltiplos sinais, evitando, contudo, delays diferenciais por restringir a transmissão de todo o ODUflex a um mesmo ODUk de ordem superior e por prover uma única entidade de transporte gerenciável por serviço.

A ODUflex foi definida de modo a suportar qualquer velocidade, desde que menor que a capacidade total do container virtual de alta ordem utilizado como servidor. Entretanto, para a máxima eficiência do transporte de payloads, a ODUflex deve concatenar um número inteiro do menor tamanho de *time slot* ao longo do caminho percorrido (que pode ser igual a 1,25 Gbit/s ou a 2,5 Gbit/s).

Como visto anteriormente, para a ODUflex não existe uma OTU servidora própria, podendo a ODUflex ser transportada em uma ODU2, em uma ODU3 ou em uma ODU4.

As diferentes ODUk são constituídas por TSs (*time slots*) de 1,25 Gbit/s ou de 2,5 Gbit/s, conforme a Figura 10.15.

ODUk	1,25 Gbit/s	2,5 Gbit/s
ODU1	2	1
ODU2	8	4
ODU3	32	16
ODU4	80	-

Figura 10.15 -Número de TSs para cada ODUk (Avulso).

Como se observa, a ODU4 é constituída exclusivamente por 80 TSs de 1,25 Gbit/s.

### 10.2.3.8 - Ethernet sobre SDH e OTN

A despeito da crescente atenção dispensada ao uso de redes de transporte modo pacote, ou seja, de PTNs (*Packet Transport Networking*) tais como o MPLS-TP e o PBB-TE, a utilização de redes SDH como suporte a Ethernet mantém-se em um elevado patamar de importância.

A tecnologia referida como EoS (*Ethernet over SONET / SDH*) tem como base a intermediação do protocolo GFP (*Generic Framing Procedure*), definido na recomendação ITU-T G. 7041/Y. 1303 (*Generic Framing Procedure*).

O GFP, além de ser utilizado no SDH (vide recomendações ITU-T G.707 e G.783), é aplicado também em OTN (vide recomendações ITU-T G.709 e G.798) e em outras redes de transporte.

Como uma alternativa ao GFP, o ITU-T definiu a tecnologia Ethernet sobre LAPS (*Link Access Procedure – SDH*), na recomendação ITU-T X.86/Y.1323 (*Ethernet over LAPS*), para o transporte de Ethernet sobre SDH. O LAPS é um protocolo assemelhado ao HDLC (*High-Level Data Link Control*).

Ethernet sobre LAPS é uma extensão da tecnologia IP sobre LAPS definida na recomendação ITU-T X.85/Y.1321 (*IP over SDH using LAPS*).

Com a definição do GFP, o LAPS vem sendo preterido em alguns países. O GFP pode suportar outras tecnologias além do IP e Ethernet (tais como RPR, PPP e *Fiber Channel*).

#### **10.2.3.9-Mapeamento Nativo de Ethernet em SDH**

O anexo F da recomendação ITU-T G.707 especifica uma forma de transporte de 10 Gbit/s *Ethernet* em um VC-4-64c, alternativa ao uso do protocolo GFP.

O padrão IEEE 802.3ae define uma interface de 10 Gbit/s *Ethernet* WAN, que é basicamente um STM-64 com um VC-4-64c, que contempla o mapeamento do MAC Ethernet no VC-4-64c usando uma codificação 64B/66B.

A codificação 64/66B, definida no padrão IEEE 802.3ae para a subcamada de codificação física PCS (*Physical Coding Sublayer*) a 10 Gbit/s, foi criada para reduzir o overhead da estrutura da PCS 8B/10B original, que é de 25%.

A nova PCS opera com blocos de 8 bytes, precedidos de dois bits que permitem o alinhamento dos blocos e o reconhecimento de seu tipo. Os quadros de dados seguem o formato original dos quadros Ethernet, iniciados com o preâmbulo de 7 bytes.

#### **10.2.3.10-EoSDH pelo LAPS**

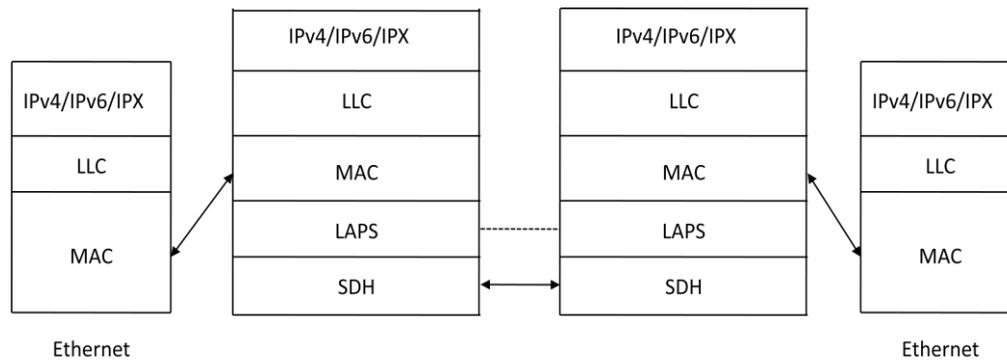
O protocolo LAPS (*Link Access Procedure-SDH*) foi inicialmente definido pela recomendação ITU-T X.85/Y.1321, com o propósito de permitir a transmissão do protocolo IP sobre SDH.

Foi posteriormente emitida a recomendação ITU-T X-86/Y.1323, com o propósito de estender a aplicação do LAPS para suporte a Ethernet, o que se denomina Ethernet sobre LAPS.

O LAPS é um protocolo assemelhado ao HDLC, possuindo as mesmas características, tais como simplicidade, baixa latência e controle remoto de erros e de fluxo. Esse protocolo admite a armazenagem (*buffering*) de um ou mais quadros MAC antes de seu envio.

O protocolo LAPS provê uma técnica simples para a constituição de *switched Ethernet LANs* e para a extensão dessas redes sobre MANs e WANs.

A Figura 10.16 representa a arquitetura típica de redes utilizando Ethernet sobre LAPS.



**Figura 10.16 -Arquitetura de Ethernet sobre LAPS (Avulso).**

Como se observa nessa figura, um quadro MAC contendo um datagrama IP ou IPX é envelopado em um quadro LAPS, que por sua vez é mapeado em um VC do SDH.

O LAPS possui um cabeçalho LAPS, e, ao final do quadro, um *trailer* constituído pelo FCS do LAPS e por um *flag* (0x7E).

O cabeçalho LAPS, iniciado também por um *flag* (0x7E), possui um campo de endereço (igual a 0x04), um campo *control* (igual a 0x03) que representa o comando *Unnumbered Information* com o bit *Final/Poll* (P/F) setado para zero.

O SAPI (*Service Access Point Identifier*), constituído por dois octetos, representa o ponto em que o LAPS, como camada provedora, presta serviço à camada cliente (camada MAC, no caso da recomendação X.86/Y.1323).

O valor do SAPI, que é igual a 0x0021 para o IPv4 e 0x0057 para o IPv6 conforme a recomendação X.85/Y.1321, passa a ser igual a 0xFE01 para o Ethernet de acordo com a recomendação X.86/Y.1323.

### 10.2.3.11-EoSDH e EoOTN pelo GFP

O GFP (*Generic Framing Procedure*) é um novo protocolo, definido na recomendação ITU-T G.7041/ Y.1303 (cuja última versão foi publicada em 2011) e pelo padrão ANSI T1.105.2.

O propósito do GFP é suportar o transporte de pacotes de tamanho fixo ou variável sobre um canal de alta velocidade, com alinhamento de bits ou de bytes.

São exemplos de tecnologias de rede transportadas pelo GFP o *Ethernet*, o PPP, o RPR e as tecnologias utilizadas em *Storage Area Networking* (SAN). Dentre as SANs podem ser citadas o *Fibre Channel*, a FICON (*Fibre Connection*), ESCON (*Enterprise Systems Connection*) e a SBCON (*Single-Byte Command Code Sets Connection*).

Por outro lado, o GFP pode ser aplicado sobre SDH, OTN, WDM ou diretamente sobre fibras ópticas (*dark fibers*).

A figura 10.17 apresenta a pilha de protocolos correspondente à utilização do GFP.

Ethernet	IP/PPP	Fibre Channel	FICON	ESCON	Gb Ethernet
GFP Client-Specific Aspects (payload dependent)					
GFP Common Aspect (payload independent)					
SONET/SDH		OTN (G.709)		Others	

Figura 10.17 -Pilha de protocolos para o GFP (Avulso).

Como se observa nessa figura, a especificação do GFP consiste em aspectos comuns e aspectos específicos para as tecnologias cliente. Os aspectos comuns aplicam-se a todos os tráfegos adaptados ao GFP.

- **Quadros do GFP**

A recomendação ITU-T G.7041/Y.1303 define dois tipos de quadro do GFP:

- Quadros de Cliente do GFP;
- Quadros de Controle do GFP.

Quadros nativos enviados por usuários são envelopados para transporte em Quadros de Dados de Cliente do GFP.

Os Quadros de Cliente do GFP podem ser Quadros de Dados de Cliente (ou Quadros de Dados de Usuário), Quadros de Gerência de Cliente ou Quadros de Comunicações de Gerência.

Os Quadros de Controle do GFP são utilizados para o gerenciamento de conexões no GFP.

- **Modos de Adaptação de Sinais de Clientes**

Para os aspectos específicos do GFP foram definidos dois modos de adaptação de sinais de tecnologias cliente:

- Modo de adaptação orientado a PDU, referido como *Frame-Mapped GFP* (GFP-F);
- Modo de adaptação orientado a código de bloco (*block-code oriented*), referido como *Transparent GFP* (GFP-T).

O GFP-F é o modo mais flexível de adaptação de sinais de cliente, apropriado para suportar aplicações modo pacote ponto a ponto ou ponto a multiponto. São exemplos de PDUs apropriadas para suporte pelo GFP-F os quadros Ethernet IEEE 802.3, RPR, MPLS e PPP.

Ocorre no GFP-F o envelopamento de uma PDU de camada superior (Ethernet, por exemplo) em uma GFP PDU, sendo alinhadas as fronteiras entre essas PDUs.

O GFP-T é apropriado para aplicações ponto a ponto que requerem valores muito baixos de *delay* e de *jitter*. A versão atual do GFP-T foi especificada para operar com sinais utilizando a codificação 8B/10B transmitidos transparentemente. São exemplos de tecnologias suportadas pelo GFP-T o *Fibre Channel*, a FICON (*Fibre Connection*), a ESCON (*Enterprise Systems Connection*) e o Gigabit Ethernet.

Os quadros do GFP-T utilizam a mesma estrutura que os quadros do GFP-F, inclusive o *Payload Header*. Contudo, diferentemente do GFP-F que mapeia um quadro de dados nativo de cliente em seu formato original, no GFP-T caracteres individuais desse quadro são separados e mapeados em quadros de dados do GFP-T periódicos e de tamanho fixo.

#### 10.2.3.12 –WDM (Wavelength Division Multiplexing)

WDM é uma tecnologia de transporte que consiste na multiplexação de uma fibra óptica em canais fotônicos (ou canais ópticos) centrados em um comprimento de onda. Os comprimentos de onda (*wavelengths*) são também referidos como Cores em um laser.

O ITU-T padronizou dois tipos de tecnologia WDM:

- DWDM (*Dense WDM*);
- CWDM (*Coarse WDM*).

O DWDM possibilita um maior número de canais fotônicos, tipicamente igual ou inferior a 88 canais. Alcança maiores distâncias de transmissão, operando com maior precisão, atingindo tipicamente velocidades de *laser* de até 100 Gbps.

O CWDM, por outro lado, opera em distâncias inferiores, tipicamente com 16 canais fotônicos ou menos, atingindo tipicamente velocidades de *laser* de até 10 Gbps.

Cada canal fotônico possui a capacidade de transmissão de uma fibra óptica utilizando um único comprimento de onda. Essa capacidade pode ser capilarizada mediante o uso de OTN e/ou SDH como tributário do canal fotônico.

Em uma rede WDM os comprimentos de onda podem ser individualmente acrescentados, derivados ou roteados em elementos de rede, utilizando técnicas óticas tais como *splitting*, filtragem ou bloqueio.

DWDM e CWDM podem ser utilizados para transportar nativamente quadros Ethernet utilizando uma tecnologia com esse fim. Podem também ser utilizados para suporte a serviços Carrier Ethernet ponto a ponto (serviços E-Line).

Como o mapeamento de tráfego Ethernet em um canal óptico é agnóstico com relação ao cabeçalho e ao conteúdo do quadro Ethernet, o WDM provê um alto nível de transparência para os serviços E-Line.

Para fins de proteção e de OAM, os comprimentos de onda utilizam o quadro OTN definido na Recomendação ITU-T G.709, sendo utilizadas as mesmas propriedades que as redes OTN.

Apenas falhas na camada física podem ser detectados em redes WDM, e a recuperação dessas falhas ocorre sem a intervenção da subcamada MAC Ethernet.

### 10.2.3.13- SDH, OTN e Redes WDM em Carrier Ethernet

Da mesma forma que no caso do MPLS VPWS, as tecnologias transparentes SDH, OTN e Redes WDM podem ser utilizadas para prestação de serviços Carrier Ethernet do tipo E-Line ( EPL e EVPL).

Diferentemente do MPLS VPWS, contudo, o transporte de quadros Ethernet na *TRAN-Layer* ocorre no modo circuito nas tecnologias transparentes, sem qualquer forma de compartilhamento de rede.

Todas as técnicas de encapsulamento de Ethernet em SDH, OTN e Redes WDM não tomam conhecimento da estrutura dos quadros Ethernet transportados. Isso significa, por exemplo, que qualquer quadro L2CP pode ser tunelado através do serviço E-Line prestado.

Na Figura 10.18 encontra-se representado um serviço EPL tendo como transporte um circuito SDH.

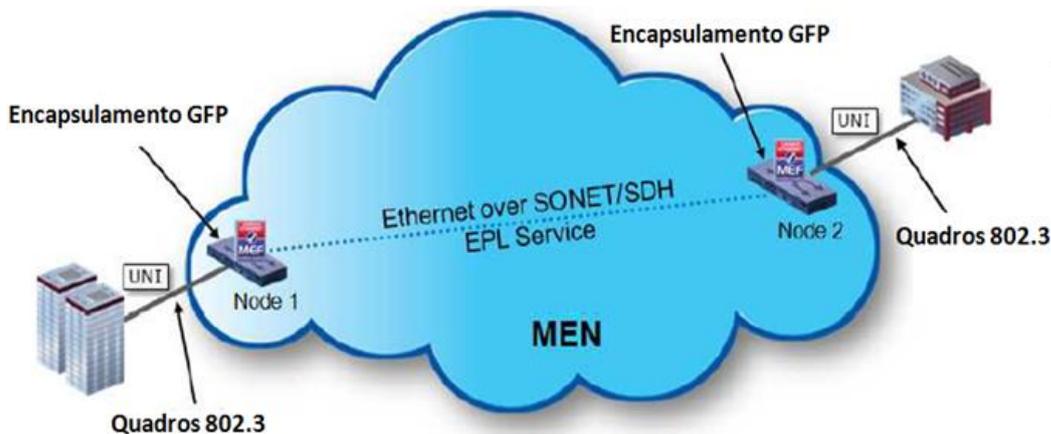


Figura 10.18– Serviço EPL sobre SDH (Fujitsu, revista).

A Figura 10.19, por sua vez, apresenta o caso de prestação de serviço EPL tendo como transporte um circuito OTN.

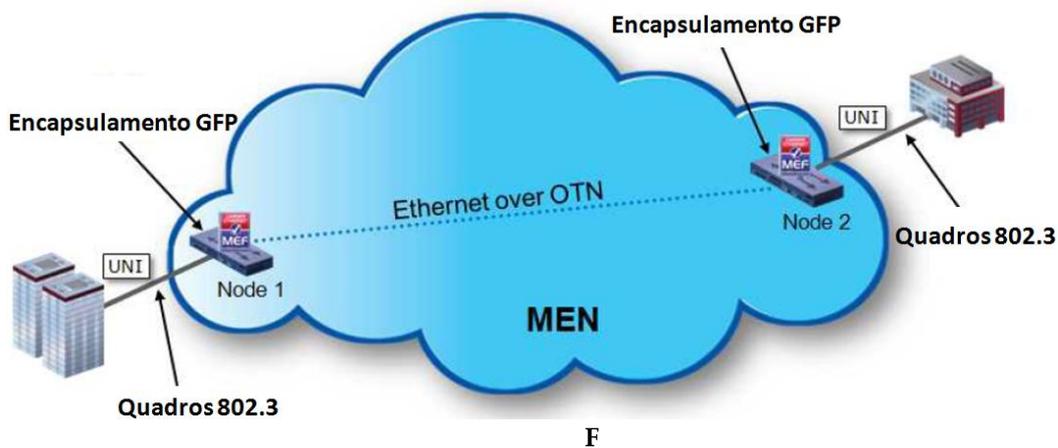


Figura 10.19– Serviço EPL sobre OTN (Fujitsu, revista).

Observa-se que nas duas figuras anteriores, o encapsulamento GFP ocorre na UNI-N, onde se encontram as terminações dos circuitos SDH e OTN.

### 10.3 – TECNOLOGIAS DE ACESSO

O MEF está capacitado para a emissão de certificados para serviços Ethernet sobre uma variedade de tecnologias de redes de acesso a Carrier Ethernet. Dentre tais alternativas de redes de acesso a Carrier Ethernet encontram-se as seguintes:

- Ethernet sobre Fibra (Fibras Ativas, PONs, OTN, SDH);
- Ethernet sobre PDH (T1/E1, DS3/E3);
- Ethernet sobre Cobre (EFMCu);
- Ethernet Sem –Fio (*WiMax, Broadband Wireless, Microondas*);
- Ethernet sobre HFC/DOCSIS (*Hybrid Fiber Coax/Data over Cable Service Interface Specification*).

As redes de acesso são referidas como *first-mile* (primeira milha) ou *last-mile* (última milha).

A Figura 10.20 apresenta uma visualização das tecnologias de rede de acesso a Carrier Ethernet.

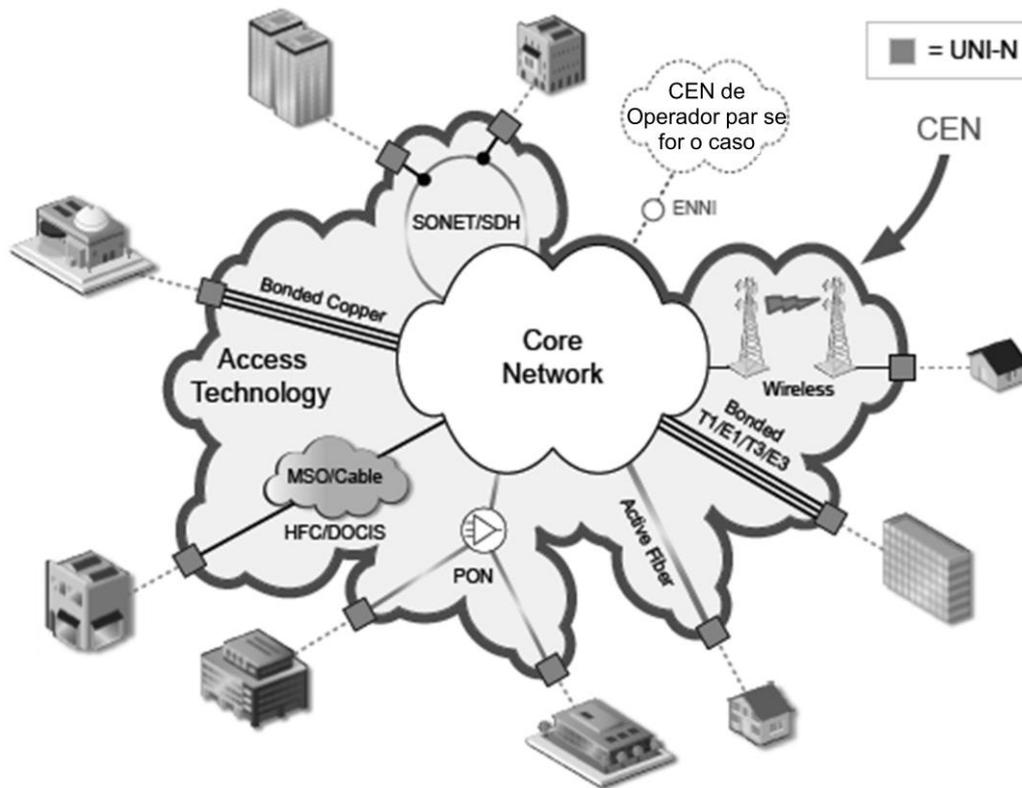


Figura 10.20 – Visualização de redes de acesso (Fujitsu, revista).

Dentre as tecnologias de acesso *Wireless*, podem ser citadas as seguintes:

- *Broadband Wireless*: mobilidade requerida;
- *Free Space Optical (FSO)*: ponto a ponto;
- *WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)*: ponto a multiponto;
- *WiFi (Wireless Fidelity)*: ponto a multiponto.

A Figura 10.21 apresenta um sumário de tecnologias de redes de acesso a Carrier Ethernet.

Summary of Carrier Ethernet Access Technologies			
Carrier Ethernet Access Method	Technology Alternatives	Deployment Scenarios (When to use the technology)	Advantages
Ethernet over Fiber	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Active Ethernet</li> <li>- Ethernet over SONET/SDH</li> <li>- Passive Optical Network</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- On-net buildings</li> <li>- Greenfield</li> <li>- Dense Metro area</li> <li>- 1Gbit/s or greater bandwidth requirements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Highest bandwidth</li> <li>- Noise immunity</li> <li>- Security</li> <li>- Long reach</li> <li>- SONET/SDH leverage existing</li> <li>- Growth potential via xWDM</li> </ul>
Ethernet over PDH	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonded T1/E1</li> <li>- DS3/E3 and bonded DS3/E3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remote branch offices</li> <li>- Off-net customer locations (out of region, type 2)</li> <li>- SMB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leverage existing transport</li> <li>- Universally deployable</li> <li>- Lower CAPEX</li> <li>- No reach limitations</li> <li>- Well understood provisioning</li> <li>- Resiliency through bonding</li> </ul>
Ethernet over Copper	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2BASE-TL</li> <li>- 10PASS-TS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remote branch offices</li> <li>- On-net or off-net</li> <li>- SMB</li> <li>- Campus settings</li> <li>- Traffic monitoring</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ubiquitous copper availability</li> <li>- Rapid deployment</li> <li>- Low cost unbundled local loop</li> <li>- Resiliency through bonding</li> </ul>
Wireless Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terrestrial microwave</li> <li>- WiMAX</li> <li>- Broadband wireless</li> <li>- Free space optics</li> <li>- WiFi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remote branch office</li> <li>- Campus setting</li> <li>- No fiber or copper available</li> <li>- Mobility required</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installation requires no trenching</li> <li>- Rapid deployment</li> <li>- Some alternatives offer mobility</li> </ul>
Hybrid Fiber Coax	DOCSIS 2.x/3.x	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Work at home</li> <li>- SOHO/SMB</li> <li>- Remote branch office</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extensive coverage</li> <li>- High performance options</li> <li>- Deep penetration into residential and suburban geographies</li> </ul>

Figura 10.21 – Sumário de tecnologias de acesso (MEF White Paper).

A Figura 10.22 apresenta um sumário dos diversos padrões internacionais que definem a transmissão de Ethernet sobre as diferentes tecnologias de acesso.

Carrier Ethernet Access Method	Technology Alternatives	Applicable Standards
Ethernet over Fiber	Active Fiber	- IEEE 802.3-2005
	Ethernet over SONET/SDH	- ITU-T X.86 encapsulation - ITU-T G.707 and G.7043 (GFP-VCAT)
	Passive Optical Network	- IEEE 802.3-2005 (EPON) - IEEE 802.3av (10GEPON) - ITU-T G.984 (GPON)
Ethernet over PDH	Bonded T1/E1	- RFC1990 (Multilink PPP) and RFC3518 (BCP) - ITU-T G.7041 and G.7043 (GFP-VCAT) - ITU-T G.998.2 (G.bond)
	DS3/E3 and bonded DS3/E3	- ITU-T X.86 encapsulation with optional link aggregation - ITU-T G.7041 and G.7043 (GFP-VCAT) - ITU-T G.998.2 (G.bond)
Ethernet over Copper	2BASE-TL	- IEEE 802.3-2005 2BASE-TL using ITU-T G.991.2 (G.SHDSL.bis)
	10PASS-TS	- IEEE 802.3-2005 10PASS-TS using ITU-T G.993.1 (VDSL)
Wireless Ethernet	Terrestrial microwave	- IEEE 802.3-2005 user interface
	WiMAX	- IEEE 802.16
	Broadband wireless	- 3GPP Rel. 7 (HSDPA/HSPA+)
		- 3GPP Rel. 8 (LTE) - CDMA2000 EV-DO rev.A – TIA-856 (EVDO)
	Free space optics	- IEEE 802.3-2005 user interface
WiFi	- IEEE 802.11	
Hybrid Fiber Coax	DOCSIS	- DOCSIS 1.x, 2.x, 3.0, EuroDOCSIS

Figura 10.22 – Sumário dos padrões para tecnologias de acesso (MEF White Paper).

Essa figura e a Figura 10.21 anterior foram retiradas do MEF *White Paper* denominado *Delivering Ubiquitous Ethernet Services Using an Array of Access Technologies*.

Para qualquer tecnologia de acesso a Carrier Ethernet, a rede de acesso encontra-se no interior da CEN, interligando uma UNI-N à rede de backbone.

A Figura 10.23 ilustra um exemplo de posicionamento de uma rede de acesso SDH em relação a uma rede Carrier Ethernet.

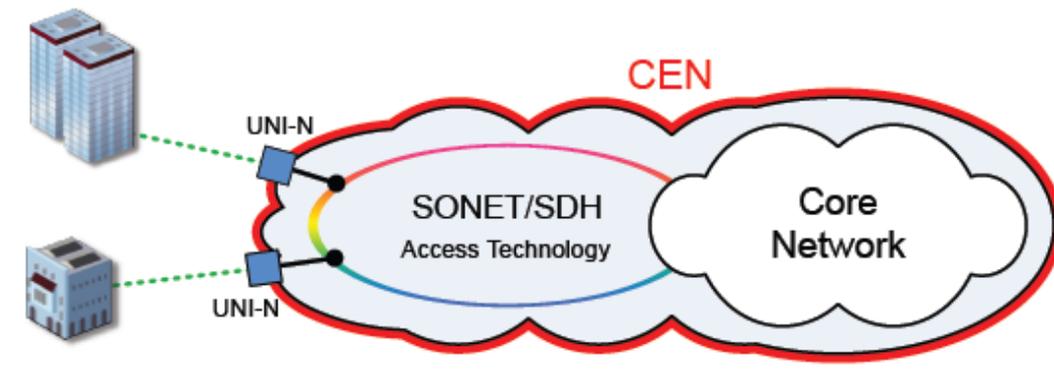


Figura 10.23 – Posicionamento de rede de acesso com relação à UNI (Avulso).

No caso de acesso ponto a multiponto (PONs, *WiMax* e *WiFi*, por exemplo), essa figura deve contemplar múltiplas UNIs-N (e as correspondentes UNIs-C).

# CAPÍTULO 11

## TERCEIRA REDE E LSO

### 11.1 – PREÂMBULO

A indústria de telecomunicações encontra-se hoje empenhada no desenvolvimento de duas importantes concepções, que são a Visão da Terceira Rede, ou simplesmente Terceira Rede, e a LSO (*Lifecycle Service Orchestration*).

Esses movimentos da indústria de telecomunicações estão sendo capitaneados pelo MEF, que, a rigor, extrapolou os seus limites de atuação, que se resumiam à definição dos serviços Carrier Ethernet.

Para essa gigantesca missão, o MEF procura envolver as mais diferentes entidades com interesse no assunto, particularmente outras entidades internacionais de padronização, ou seja, outras SDOs (*Standard Development Organizations*), além de entidades responsáveis por projetos abertos.

Com o intuito de nortear os esforços e estimular a implementação dessas evolucionárias concepções, o MEF emitiu o padrão MEF 55, intitulado *LSO Reference Architecture and Framework*.

Embora destinadas a qualquer tipo de tecnologia de rede de telecomunicações, a Visão da Terceira Rede e a LSO foram direcionadas pelo MEF, inicialmente, para redes Carrier Ethernet.

Dentro da concepção LSO são também considerados os seguintes padrões:

- Padrão MEF 50.1 (*MEF Services Lifecycle Process Flows*);
- Padrão MEF 52 (*Carrier Ethernet Performance Reporting Framework*);
- Padrão MEF 53 (*Ethernet Service Qualification Questionnaire*);
- Padrão MEF 54 (*Ethernet Interconnection Point (EIP): An ENNI Implementation Agreement*);
- Padrão MEF 56 (*Interface Profile Specification-Service Configuration and Activation*);
- Padrão J-SPEC-001/MEF 57 (*Ethernet Ordering Technical Specification-Business Requirements and Use Cases*): padrão emitido em conjunto com a ATIS (*Alliance for Telecommunications Industry Solutions*);
- Padrão MEF 58 (*Legato-EVC Services YANG Service Configuration and Activation*);
- Padrão MEF 59 (*Network Resource Management Information Model: Connectivity*);
- Padrão MEF 60 (*Network Resource Provisioning-Interface Profile Specification*).

## 11.2 – VISÃO DA TERCEIRA REDE

A visão do MEF para a evolução e a transformação de serviços de conectividade de redes e das redes destinadas à implementação desses serviços com base em novas concepções tais como LSO, NFV, SDN e NaaS, é referida como Visão da Terceira Rede, ou simplesmente Terceira Rede.

Do ponto de vista do MEF, a Visão da Terceira Rede propõe-se a combinar a agilidade e a ubiquidade da Internet pública com o desempenho e a garantia de segurança oferecidos pelos serviços Carrier Ethernet.

A Terceira Rede possibilita serviços entre não somente pontos de acesso de serviço residindo em portas físicas, como portas Ethernet, por exemplo, mas também entre pontos de acesso de serviço residindo em interfaces implementadas em um servidor *blade* na nuvem para conexão a *Virtual Machines* (VMs) ou a *Virtualized Network Functions* (VNFs).

### 11.2.1 – Princípios de Funcionamento

A visão da Terceira Rede é baseada nos princípios da concepção *NaaS* (*Network as a Service*), que fazem com que a rede possa ser vista pelo usuário como uma rede virtual própria. O usuário é habilitado a, dinamicamente e em demanda, criar, modificar ou deletar serviços via seus próprios Portais Web ou via aplicações de software.

Esse modo de operação se assemelha ao dos Serviços de Nuvem baseados na concepção *IaaS* (*Infrastructure as a Service*), onde os usuários podem dinamicamente criar, modificar ou deletar recursos de computação e de armazenamento de dados em uma infraestrutura contida na nuvem.

Os usuários podem constituir-se inclusive em provedores de serviços virtuais, que revendem os serviços contratados a seus usuários finais, como se fossem os possuidores das redes virtuais contratadas.

O MEF pretende implementar a Visão da Terceira Rede tendo como base os serviços Carrier Ethernet, definindo requisitos para LSO e APIs (*Application Program Interfaces*), para suportar a solicitação, o atendimento, o desempenho, a utilização, a análise de dados e a segurança dos serviços a serem prestados por redes providas por múltiplos operadores.

As abordagens da Terceira Rede e da LSO buscam evitar as atuais dificultosas condições de prestação de serviços, por meio da definição de abstrações de serviço que escondam, das aplicações e dos usuários dos serviços, a complexidade das tecnologias utilizadas. Isso ocorre com a contrapartida da existência de eficazes processos de gerenciamento e controle.

Em resumo, o objetivo da Terceira Rede, baseada na concepção *NaaS*, é o provimento de redes ágeis que prestem serviços de conectividade garantidos e orquestrados através de redes com múltiplos domínios, com base em novas concepções para o desenvolvimento de redes de telecomunicações.

O MEF emitiu os seguintes *White Papers* relativos à Terceira Rede:

- *White Paper I: MEF Third Network Vision and Strategy;*
- *White Paper II: MEF Third Network Lifecycle Service Orchestration Vision;*
- *White Paper III: An Industry Initiative for Third Network and Services.*

### 11.2.2 – Exemplos de uso da Visão da Terceira Rede

São apresentados, a seguir, dois exemplos de utilização da Terceira Rede.

#### 11.2.2.1 – Terceira Rede para Empresas

A Figura 11.1 apresenta um exemplo de configuração de uma rede Carrier Ethernet destinada ao cenário de atendimento de empresas, constituída com base na Visão da Terceira Rede. Essa figura consta do *MEF White Paper MEF Third Network Vision and Strategy*.

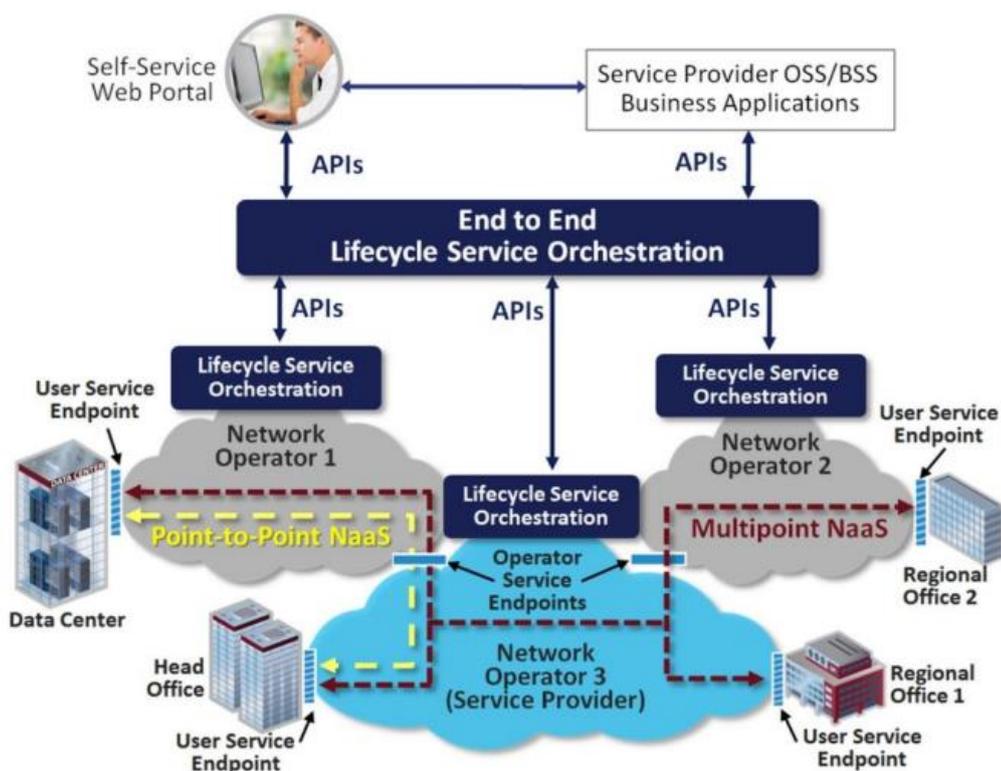


Figura 11.1 – Terceira Rede para empresas (White Paper I, Figura 5).

Nessa figura, uma empresa possui três escritórios e um *data center*, interconectados por meio de três operadores de rede provendo conectividade com *NaaS*.

O operador de rede 3 é o provedor de serviço, que é também o responsável pela LSO fim a fim. A LSO se realiza no módulo respectivo, situado acima das

redes e com elas se comunicando por meio de APIs padronizadas pelo MEF (ver Figura 11.1).

As APIs do MEF transmitem, com os necessários detalhes, os atributos de serviço utilizados em cada rede, como, por exemplo, os atributos de serviço relativos aos pontos de terminação dos operadores de rede e do usuário e os atributos de serviço relativos a serviços de OVC nas três CENs.

O escritório central e o escritório regional 1 estão conectados à rede do provedor de serviço. O escritório regional 2, contudo, por se encontrar distante, está sendo atendido por meio de um serviço *NaaS* de acesso na rede do operador de rede 2, contratado pelo provedor de serviço com esse propósito.

Para a conexão do escritório central ao *data center*, utiliza-se um serviço *NaaS* ponto a ponto na rede 1. Os escritórios regionais, no entanto, estão conectados em uma rede multiponto.

Quando o usuário, por exemplo, deseja acrescentar um escritório regional à rede multiponto, ele coloca o seu pedido, via o seu Portal Web e por meio de APIs, junto ao módulo LSO fim a fim do provedor de serviço. Nesse ato, o usuário provê as necessárias informações sobre o novo Ponto de Terminação de Serviço de Usuário (*User Service Endpoint*).

Se o novo escritório regional se encontrar na rede 3, o provedor de serviço orquestra o seu atendimento junto ao usuário.

Se o escritório regional se encontrar na área de atendimento do operador de rede 2, o provedor de serviço faz a devida solicitação a esse operador de rede, via APIs, que por sua vez orquestra a ativação do usuário e dos pontos de terminação de serviço necessários (UNIs e ENNIs), com as respectivas interconexões.

Por meio desse processo de solicitação e ativação automatizado, a conectividade pode ser estabelecida em minutos, em contraste com a demora de dias ou semanas no processo convencional.

Observa-se na Figura 11.1 o suporte de aplicações de OSS / BSS (*Operational Support Systems / Business Support Systems*), com os respectivos softwares, tanto ao usuário (via Portal Web) quanto ao provedor de serviço (via módulo LSO fim a fim).

#### **11.2.2.2 – Exemplo de Redes de Transporte (Tran-Layer)**

A Figura 11.2 mostra um exemplo de configuração de rede operando segundo a Visão da Terceira Rede, onde podem ser vistas possíveis redes de transporte utilizadas.

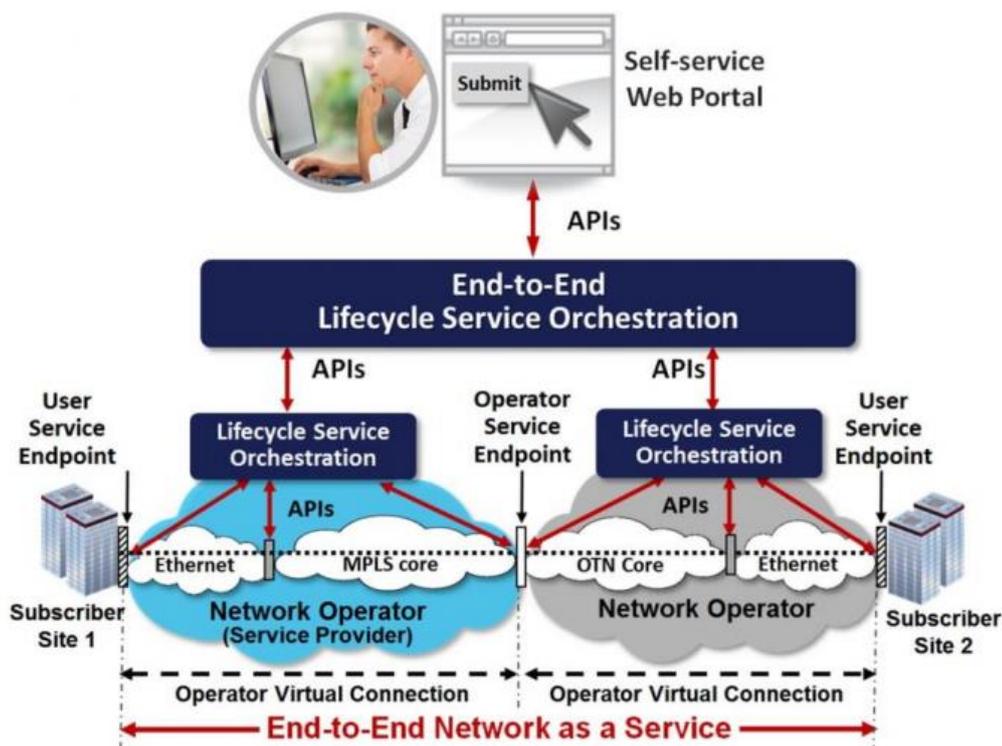


Figura 11.2 – TRN-Layer na Terceira Rede (White Paper I, Figura4).

Nessa figura, a rede do provedor de serviço utiliza, no acesso ao site 1, uma rede Ethernet. Essa rede Ethernet conecta-se a uma rede MPLS backbone, por meio de uma interface INNI (*Internal NNI*).

Na outra rede, cujos serviços foram contratados pelo provedor de serviço junto ao respectivo operador de rede, o acesso ao site 2 ocorre também por uma rede Ethernet. Contudo, por se tratar de uma conexão ponto a ponto, utiliza-se um backbone OTN, conectado à rede Ethernet também por uma INNI.

### 11.3 – LSO (Lifecycle Service Orchestration)

A orquestração do ciclo de vida (LSO) de um serviço, cuja arquitetura e estruturação encontram-se definidas no padrão MEF 55, representa uma ágil abordagem para o tratamento direto e para a automação do ciclo de vida de um serviço de conectividade (como por exemplo Carrier Ethernet, IP VPN, MPLS, etc...), envolvendo todos os domínios de rede.

A LSO inclui um conjunto de entidades de gerenciamento funcional que possibilita o seu uso para os serviços de conectividade da Terceira Rede.

Objetivando a entrega de um serviço de conectividade de camada 2 e de camada 3, a LSO engloba o projeto, o atendimento, o controle, os testes, o gerenciamento de problemas, o gerenciamento de qualidade, o uso e a cobrança, a segurança, o provimento de estatísticas e os aspectos políticos, em todos os domínios de rede dos diferentes operadores de rede envolvidos.

O padrão MEF 55 objetiva o suporte aos atuais serviços Carrier Ethernet definidos pelo MEF. Contudo, esse padrão pode ser estendido para o atendimento genérico de outros serviços de conectividade.

A implantação da LSO vem sendo conduzida pelo MEF de modo a envolver os esforços de outras SDOs (*Standard Development Organizations*) e de projetos abertos.

No item 11.2 anterior deste capítulo, onde foi apresentada a visão da Terceira Rede, foram apresentados dois exemplos que delineam o processo da LSO. O presente item objetiva aprofundar o conhecimento desse processo.

### 11.3.1 – Modelo Conceitual da LSO

Ratificando os termos do item 11.2 deste capítulo, a Figura 11.3 apresenta o modelo conceitual da LSO.

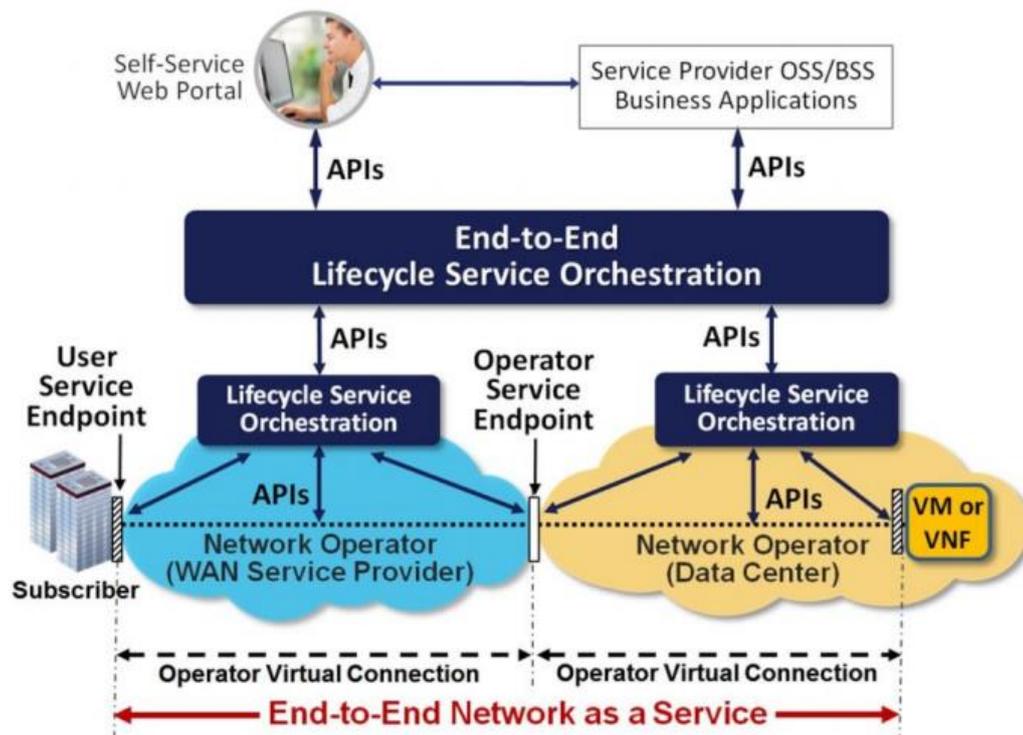


Figura 11.3 – Modelo conceitual da LSO (White Paper II, Figura 1).

Como se observa nessa figura, a LSO abrange todos os domínios de rede que requerem gerenciamento e controle coordenados fim a fim na prestação de serviços de conectividade.

Dentro de cada domínio de rede, a infraestrutura de rede pode ser implementada com tecnologias tradicionais de WAN, como também mediante o uso de NFV e/ou de SDN.

Quando o serviço de conectividade objetiva o atendimento de Serviços de Nuvem, a LSO abrange também o gerenciamento e o controle da rede do operador de *data centers*, como mostra a Figura 11.4.

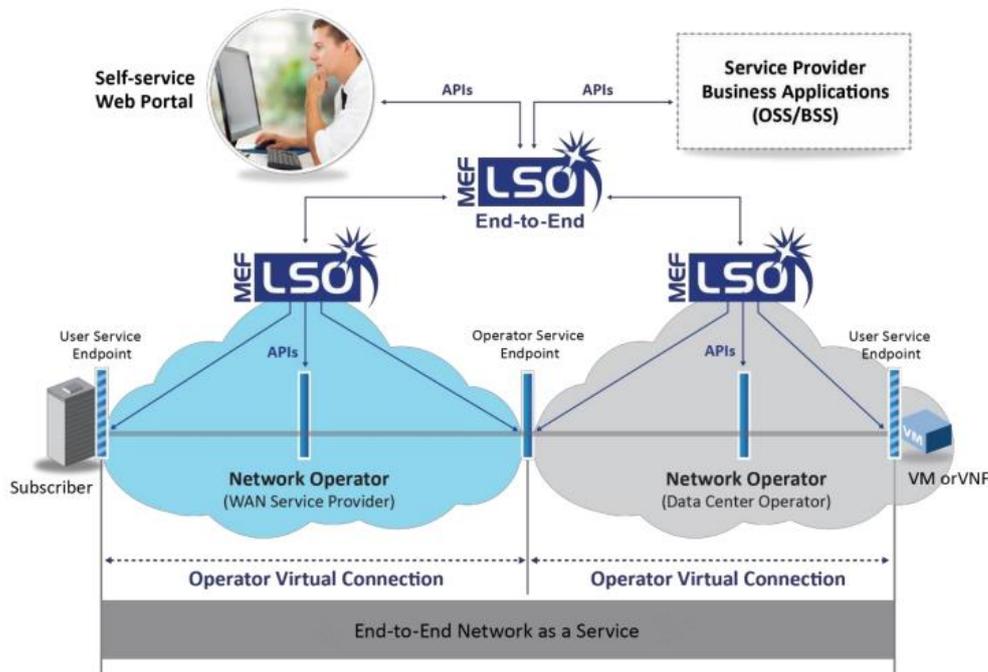


Figura 11.4

– LSO para Serviço de Nuvem (White Paper II, Figura 4).

Uma visão mais ampla do modelo conceitual da LSO encontra-se na Figura 11.5.

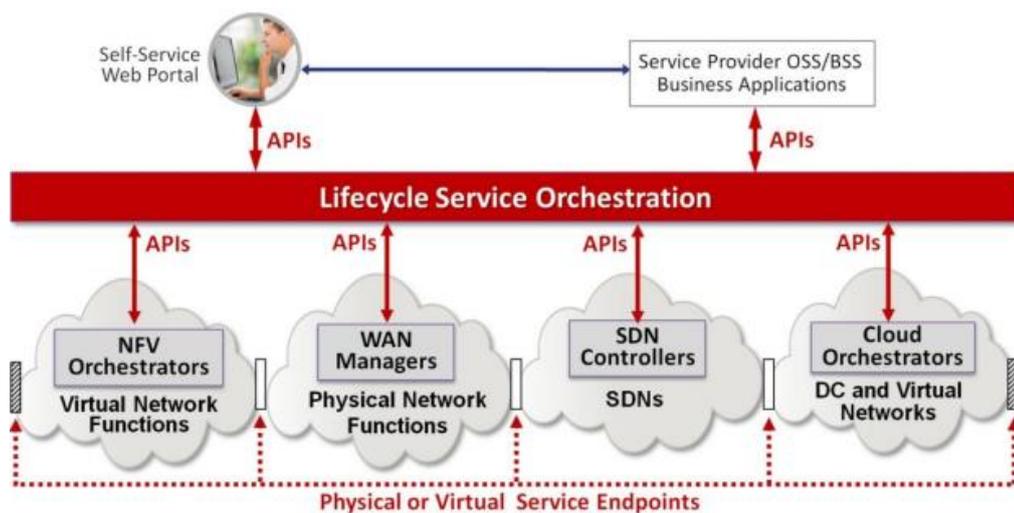


Figura 11.5 – Visão ampla do modelo conceitual da LSO (White Paper I, Figura 8).

Para viabilizar a amplitude da LSO mostrada nessa figura, será necessário o desenvolvimento e a implementação de um leque de tipos de API, para atendimento de PNFs (*Physical Network Functions*), de VNFs (*Virtualized Network*

Functions), de funções de SDN e de funções resultantes da associação entre DCs (data centers) e redes virtuais.

### 11.3.2 – Metodologia de Engenharia da LSO

A Figura 11.6 apresenta o modelo para a metodologia de engenharia da LSO.

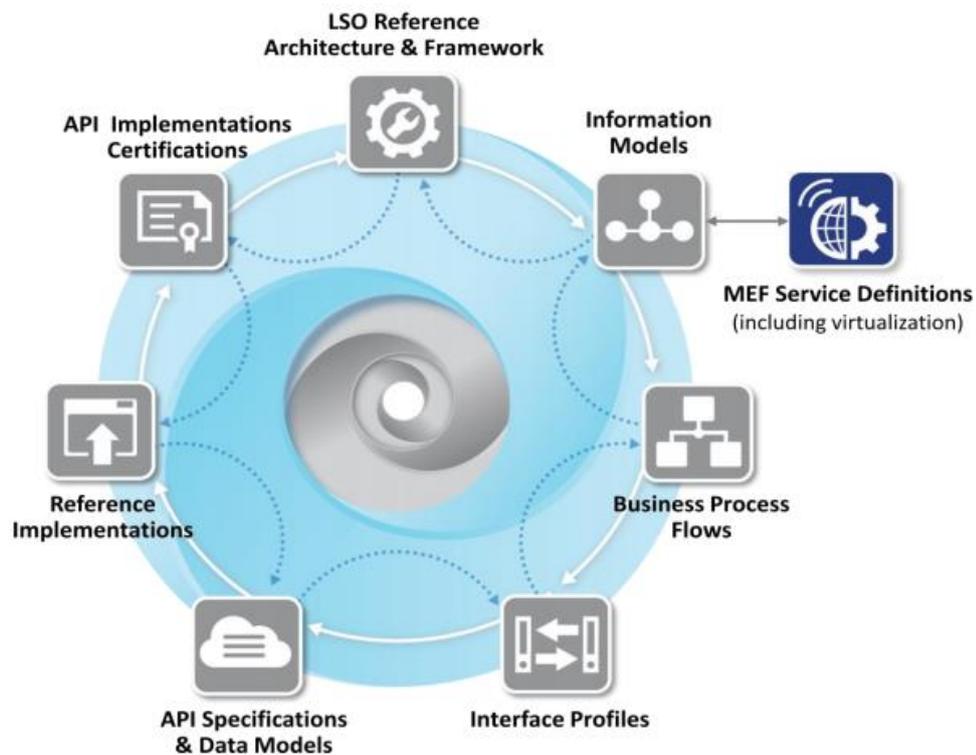


Figura 11.6 – Metodologia de engenharia da LSO (MEF 55 , Figura 1).

Nessa figura, os processos que compõem a metodologia de engenharia da LSO sucedem-se no sentido dos ponteiros do relógio, conforme as setas externas. As setas internas, no sentido contrário, mostram os feedbacks entre os processos.

Como se observa, ao final do ciclo ocorrem as certificações e as implementações de APIs, quando os serviços podem já ser prestados.

### 11.3.3 – Arquitetura de Referência da LSO

A Figura 11.7 apresenta a Arquitetura de Referência da LSO de Alto Nível.

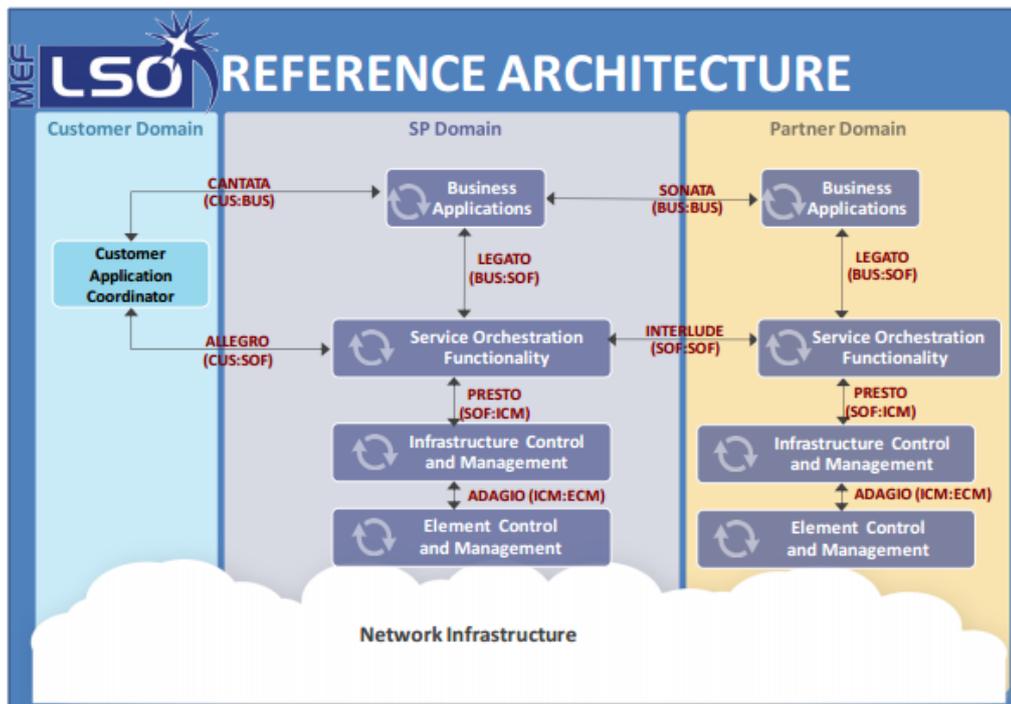


Figura 11.7 – Arquitetura de Referência da LSO de Alto Nível (MEF 55, Figura 2).

A Arquitetura de Referência da LSO de Alto Nível caracteriza os domínios de gerenciamento e de controle e as Entidades de Gerenciamento Funcional que possibilitam o funcionamento cooperativo da LSO. Essa arquitetura identifica também os Pontos de Referência de Interface de Gerenciamento, que são os pontos de interação entre Entidades de Gerenciamento Funcional específicas.

Os Pontos de Referência de Interface de Gerenciamento são complementarmente definidos por Perfis de Interface e implementados por meio de APIs.

### 11.3.3.1 – Entidades de Gerenciamento Funcional

Como se observa na Figura 11.7 anterior, tanto no domínio do provedor de serviço quanto no domínio de um operador parceiro (*Partner Domain*, nessa figura), são considerados as seguintes quatro Entidades de Gerenciamento Funcional:

- Aplicações de Negócios (BUS);
- Funcionalidade da Orquestração de Serviço (SOF);
- Infraestrutura de Controle e Gerenciamento (ICM);
- Controle e Gerenciamento de Elementos (ECM).

Além dessas Entidades de Gerenciamento Funcional situadas no provedor de serviço e em um operador parceiro, considera-se também a Entidade de

Gerenciamento Funcional referida como Coordenador de Aplicação de Usuário (CUS), que coordena a BUS e a SOF.

### **11.3.3.2 – Pontos de Referência de Interface de Gerenciamento**

Um ponto de Referência de Interface de Gerenciamento é identificado por um nome e por um contexto que identifica as Entidades de Gerenciamento Funcional de LSO que interagem.

Os nomes foram escolhidos tendo como base a semântica utilizada musicalmente por uma orquestra.

São as seguintes os Pontos de Referência de Gerenciamento de Interface:

- CANTATA (CUS – BUS): é o Ponto de Referência de Gerenciamento de Interface entre as Entidades de Gerenciamento Funcional CUS (Coordenador de Aplicações de Usuário) e BUS (Aplicações de Negócios);
- ALLEGRO (CUS – SOF);
- LEGATO (BUS – SOF);
- SONATA (BUS – BUS);
- INTERLUDE (SOF – SOF);
- PRESTO (SOF – ICM);
- ADAGIO (ICM – ECM).

Maiores detalhes sobre os Pontos de Referência de Interface de Gerenciamento podem ser obtidos no *Appendix I* ao padrão MEF 55.

### **11.3.3.3 – Abstrações de Gerenciamento de LSO**

O gerenciamento da LSO se efetiva por meio de abstrações, que objetivam reduzir a complexidade das visões dos componentes de um serviço de conectividade. Esses componentes são o produto, o serviço, os recursos (rede e topologia) e os elementos e equipamentos.

Na Figura 11.8 encontram-se representadas as visões de abstrações de gerenciamento para cada um dos componentes de um serviço de conectividade.

Management Abstractions	Information Class Examples per Management Abstraction View	LSO RA Context
Product View	Product Catalog, Product Offering, Customer, Product Instance, Product Spec	Business Applications
Service View	Service, Service Component, Service Spec, Service Access Point, Service Interface	Service Orchestration (Provider domains & multi-domain)
Resource View Network & Topology	Link, Forwarding Domain, Forwarding Construct, Logical Termination Point, Route	Infrastructure Control & Management (Subnetwork)
Element & Equipment	Fabric, Cross Connect, Network Element, Card, Facility, Server, VNE, VNF, Port	Element Control & Management

Figura 11.8 – Visões de abstrações de gerenciamento (MEF 55, Figura 3).

Na coluna da esquerda dessa figura encontram-se as visões de abstração para cada um dos componentes do serviço de conectividade, enquanto na coluna do meio estão representados exemplos de classe de informação para cada uma das visões.

Na coluna da direita estão relacionadas as Entidades de Gerenciamento Funcionais que correspondem a cada uma das visões e aos respectivos exemplos de classe de informação. Essas correspondências evidenciam a definição do que são as Entidades de Gerenciamento Funcional existentes no âmbito de um operador de rede.

#### 11.4 – CARRIER ETHERNET E NFV

A evolução da Terceira Rede e da LSO engloba elementos da infraestrutura de WANs, assim como elementos de NFV (*Network Functions Virtualization*) e de SDN (*Software Defined Networking*).

O presente item objetiva abordar a aplicação de NFV em Carrier Ethernet, tendo como base o MEF *White Paper* denominado *Carrier Ethernet and NFV*. A ênfase desse *White Paper* encontra-se na aplicação de NFV na Terceira Rede, tendo o MEF postergado para um futuro documento a discussão relativa ao papel da LSO quanto ao envolvimento de NFV em Carrier Ethernet.

O *White Paper Carrier Ethernet and NFV* discute as opções para a introdução e a implementação de NFV na estrutura fundacional de Carrier Ethernet, com o propósito de adicionar novos serviços de conectividade. Discute também abordagens de virtualização para equipamentos de demarcação de serviço (ou

seja, os NIDs) instalados nas dependências do usuário, para a introdução de diferentes funções e serviços.

O uso de NFV em Carrier Ethernet pode ocorrer concomitantemente com a utilização de SDN. Os equipamentos de redes Carrier Ethernet desempenham novas funções de forma eficaz pela implementação simultânea dessas duas concepções.

#### **11.4.1 – A concepção de NFV**

NFV é uma concepção de virtualização das funções de redes de telecomunicações, que objetiva transformar a forma pela qual os operadores de rede arquitetam suas redes, utilizando tecnologias padronizadas de virtualização.

Essa transformação ocorre pela consolidação dos diferentes tipos de equipamentos de rede em servidores, switches e storages de grande volume hoje utilizados. Esses dispositivos localizam-se tipicamente em *data centers*, em nós de rede e em instalações de usuários.

A padronização de NFV vem ocorrendo pelo ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), tendo sido para isso criado o NFV ISG (*NFV Industry Specification Group*). Foram já emitidos diversos padrões ETSI NFV ISG.

##### **11.4.1.1 – Padrão ETSI GS NFV 002 – v1.1.1**

O padrão ETSI GS NFV 002 –v1.1.1 (*Network Functions Virtualization (NFV) Architectural Framework*) descreve a estrutura arquitetural funcional de alto nível e a filosofia de projeto de NFV, englobando as VNFs (*Virtual Network Functions*) e a infraestrutura de NFV (NFVI), além do NFV MANO (*NFV Management and Orchestration*).

- **Estrutura de Alto Nível de NFV**

A Figura 11.9 ilustra a estrutura de alto nível de NFV.

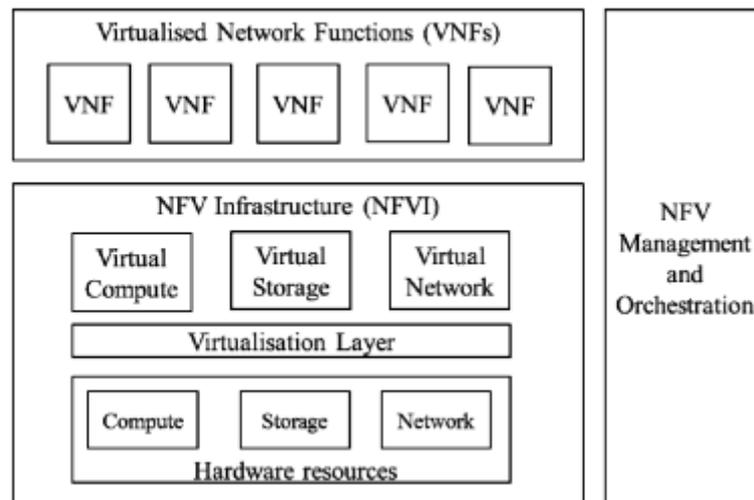


Figura 11.9 –Estrutura de alto nível de NFV (ETSI GS NFV 002, Figura 1).

Observa-se nessa figura a existência de três domínios principais de operação:

- VNF, que representa a implementação em software de uma função de rede (NF) que é capacitada para essa implementação sobre a NFVI;
- NFVI, que inclui uma diversidade de recursos físicos e a forma pela qual esses recursos podem ser virtualizados, sendo que a NFVI suporta a execução de VNFs;
- *NFV Mano*, que engloba o gerenciamento e a orquestração do ciclo de vida dos recursos físicos e/ou de software que suportam a virtualização da infraestrutura física. O *NFV Mano* engloba também o gerenciamento do ciclo de vida das VNFs.

#### • Modelos de Implementação de NFV

A implementação de NFV a partir do Modo Presente de Operação (PMO) das redes de telecomunicações, objetiva alavancar a operação e prestação de serviços, levando essas redes ao Modo Futuro de Operação (FMO) com a virtualização de diferentes funções.

Essa implementação pode ocorrer em três diferentes modelos:

- Modelo centralizado;
- Modelo descentralizado;
- Modelo distribuído.

No modelo centralizado, toda a funcionalidade de virtualização é localizada em um Ponto de Presença (POP) de um CSP (*Communication Service Provider*). Carrier Ethernet constitui-se em uma forma importante para a conexão das VNFs centralizadas às dependências do usuário.

Um CSP POP pode ser um *central office* (CO) ou um *data center* (DC).

No modelo descentralizado, toda a funcionalidade de virtualização é distribuída pelas dependências do usuário.

No modelo distribuído, a funcionalidade de virtualização é distribuída entre um CSP POP e as dependências do usuário, ocorrendo a interconexão lógica entre as respectivas VFNs.

A Figura 11.10 ilustra o uso dos três modelos de implementação de NFV acima citados.

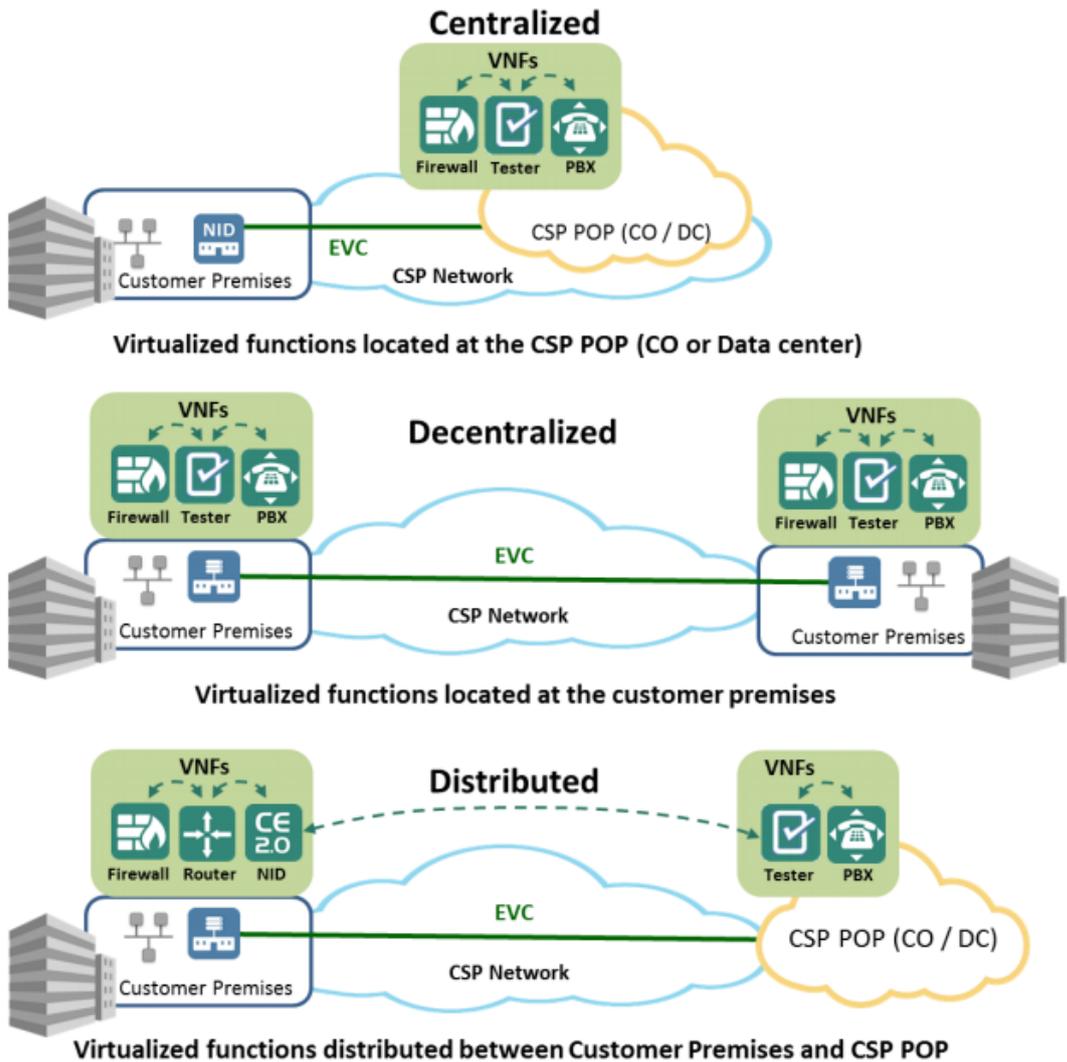


Figura 11.10 – Modelos de implementação de NFV (Carrier Ethernet and NFV, Figura 1).

Na parte inferior dessa figura, referente ao modelo distribuído, as VNFs relativas às funções *firewall*, roteamento e NID encontram-se nas dependências do usuário, enquanto as VNFs relativas às funções de teste e de PBX se localizam no CSP POP.

### 11.4.1.2 – NFV em Dependências de Usuário

Muitos CSPs estão progressivamente implementando equipamentos em instalações do usuário, o que possibilita a oferta de serviços de rede em demanda com maior eficácia.

As escolhas dos tipos de CPE (*Customer Premise Equipment*) virtualizados dependem do modelo de implementação de NFV. Essas opções podem ser classificadas nas seguintes opções:

- Implementação de NIDs físicos;
- Implementação de CPEs Virtual (vCPEs);
- Implementação híbrida.

Na primeira opção, algumas funções de serviço adicionais àquelas desempenhadas pelos NIDs, tais como *firewall* e roteamento, dentre outras, podem ser implementadas em um CSP POP no modelo centralizado, complementando assim o serviço prestado pelo CSP.

Um vCPE objetiva substituir algumas ou todas as funções de CPE por meio de sua virtualização em uma função COTS (*Commercial off-the-shelf*) localizada nas dependências do usuário.

A Figura 11.11 apresenta um exemplo de implementação de um vCPE.

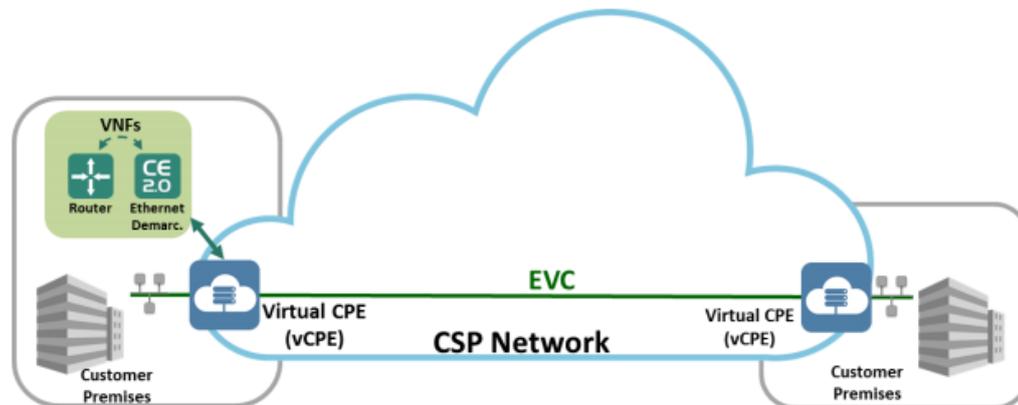


Figura 11.11 – VNFs em um vCPE (Carrier Ethernet and NFV, Figura 3).

As funções que não possam ser implementadas em VNFs no vCPE podem ser complementarmente implementadas em um CSP POP no modelo centralizado.

No modelo híbrido, parte das funções de CPE (incluindo a demarcação de serviço) pode ser implementada em dispositivos físicos (NIDs físicos, por exemplo) como PNFs (*Physical Network Functions*), enquanto as demais funções são implementadas em um vCPE. É ainda possível a utilização complementar de um CSP POP no modelo centralizado.

## 11.4.2 – Serviços Ethernet Baseados em NFV

NFV objetiva transformar a maneira pela qual os operadores projetam suas redes, pela virtualização de funções em plataformas de computação padronizadas.

Carrier Ethernet provê a conectividade com garantia de segurança, enquanto NFV provê agilidade para acrescentar novos serviços nas CENs.

Como foi visto anteriormente neste item, existem múltiplas opções de implementação de serviços Carrier Ethernet, com diferentes requisitos. Em consequência, nenhuma opção é capaz de satisfazer a todos os requisitos isoladamente. Uma combinação de opções pode ser utilizada, dependendo do tipo de usuário, de considerações operacionais, da SLA existente e do tipo de serviço sendo prestado.

### 11.4.2.1 – Conectividade para Serviços de Nuvem

Um CSP pode utilizar NFV mediante a implementação de VNFs em um POP (CO ou DC). Tais VNFs podem incluir a virtualização de diferentes funções, tais como *firewall* e outras funções situadas nas Camadas 4, 5, 6 ou 7, que, combinadas com o serviço de conectividade de Carrier Ethernet, podem oferecer serviços com desempenho assegurado para acesso à Nuvem.

A Figura 11.12 permite a visualização dessa possibilidade de atendimento.

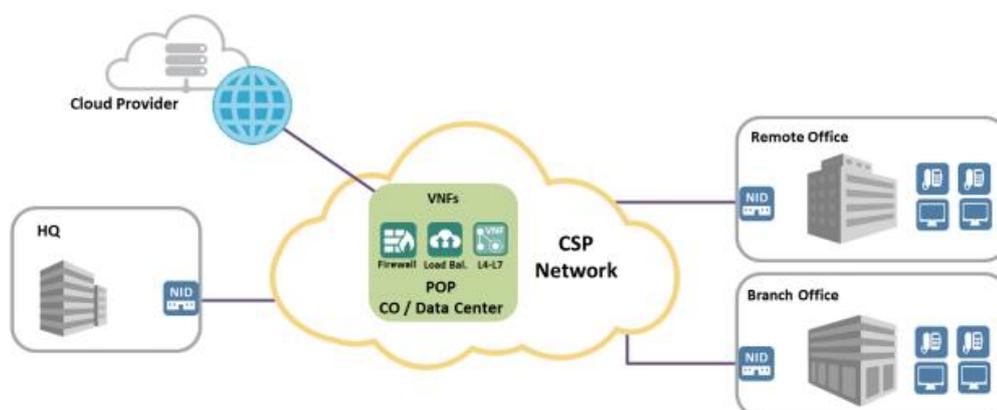


Figura 11.12 – Acesso assegurado a Serviços de Nuvem (Carrier Ethernet and NFV, Figura 6)

### 11.4.2.2 – Cenários para Virtualização em serviços E-Access

A Figura 11.13 exibe três possíveis cenários para virtualização em serviços E-Access.

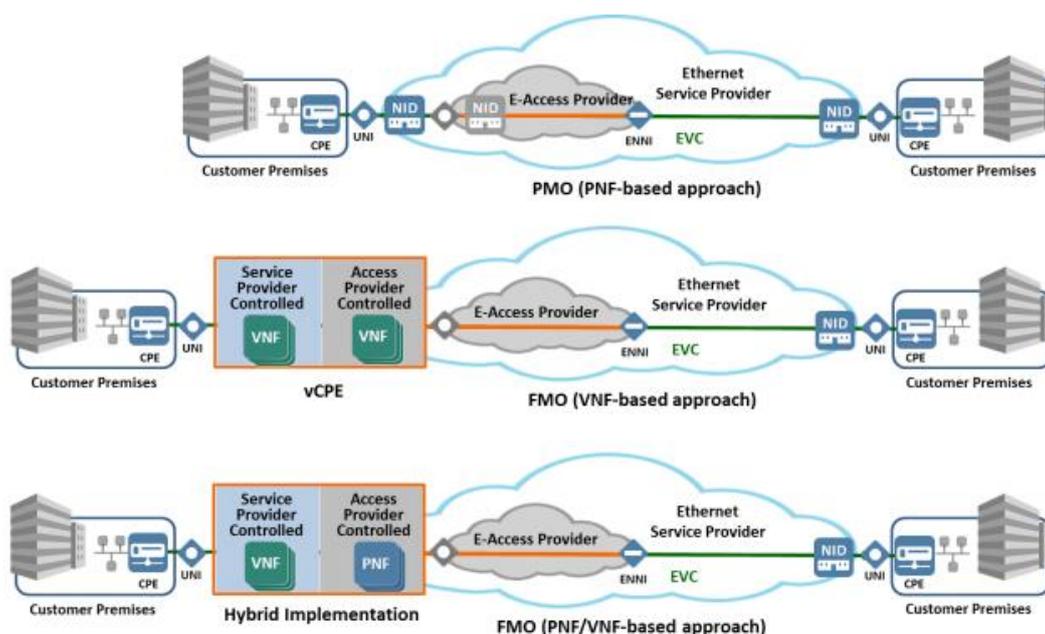


Figura 11.13 – Cenários para virtualização de serviços E-Access (Carrier Ethernet and NFV, Figura 7).

Foram considerados nessa figura um cenário PMO, que retrata a forma convencional de prestação de serviço, e dois cenários FMO.

No cenário PMO, para a demarcação efetiva e eficiente da entrega de serviço para o provimento de SOAM, tanto em termos de gerenciamento de falhas quanto de medições de desempenho, do lado esquerdo da figura foram utilizados dois NIDs, um para o provedor de serviço *E-Access* e outro, junto à UNI, para o provedor de serviço Ethernet.

Um problema nesse cenário é a possível dificuldade do provedor de serviço Ethernet de instalação e manutenção do NID distante (*off-net*). Se necessário, esse provedor de serviço pode contratar o provedor de serviço *E-Access* para representá-lo nessa funcionalidade.

Nos dois últimos cenários, a abordagem FMO pode beneficiar a ambos os provedores de serviço. O provedor de serviço *E-Access* pode vender a funcionalidade de demarcação para o provedor de serviço Ethernet, que por sua vez amplia o leque de serviços prestados ao usuário.

No primeiro desses dois cenários FMO, utiliza-se uma abordagem baseada em NFV, com a implementação de um vCPE nas dependências do usuário, mas antes da UNI. Nesse vCPE residem uma VNF controlada pelo provedor de serviço Ethernet e uma outra controlada pelo provedor de serviço *E-Access*.

No último desses dois cenários FMO, utiliza-se uma implementação híbrida nas dependências do usuário, onde residem, no exemplo, uma VNF controlada pelo provedor de serviço Ethernet e uma PNF controlada pelo provedor de serviço *E-Access*.

## 11.5 – CARRIER ETHERNET E SDN

O presente item objetiva apresentar a aplicação de SDN em Carrier Ethernet, tendo como base o *MEF White Paper* intitulado *Carrier Ethernet and SDN – Part 1* e o *MEF White Paper* intitulado *Carrier Ethernet and SDN – Part 2*.

O *White Paper* intitulado *Carrier Ethernet and SDN – Part 1* apresenta uma perspectiva industrial do tema, englobando os diferentes conceitos relativos a SDN e os modelos para Carrier Ethernet (CE) e SDN.

O *White Paper* intitulado *Carrier Ethernet and SDN – Part 2*, por sua vez, discute os modelos arquiteturais e as considerações práticas de CE e de SDN com relação aos sistemas OSS (*Operational Support Systems*). Esse *White Paper* apresenta alguns exemplos de serviços de CE utilizando SDN, juntamente com cenários de gerenciamento.

Os operadores de rede estão considerando SDN como uma forma para transformar as suas redes e seus negócios. SDN simplifica as redes e torna mais direta as operações, pela centralização do controle e possibilidade de uma perspectiva fim a fim dos serviços. A expectativa é a de oferta de mais serviços, de forma mais rápida e com um número menor de erros.

### 11.5.1 – Descrição de SDN

SDN é uma nova forma de operação de redes que objetiva melhor controle fim a fim, maior automação e maior agilidade no provimento de serviços.

Na arquitetura SDN, o plano de controle e o plano de dados das redes são desacoplados, a inteligência e o controle são logicamente centralizados e a estrutura da rede é abstraída das aplicações. Disso resulta um nível imprecedentede de programabilidade de automação e de controle das redes, tornando possível a implementação de redes com elevadas escalabilidade e flexibilidade.

A padronização de SDN vem sendo conduzida principalmente pela ONF (*Open Networking Foundation*). A ONF, uma entidade sem fins lucrativos, vem conduzindo o avanço de SDN e padronizando diversos elementos críticos da arquitetura SDN, como o protocolo *OpenFlow*, por exemplo.

O protocolo *OpenFlow* estrutura a comunicação entre os planos de controle e de dados na rede de suporte. O *OpenFlow* é a primeira interface padronizada especificamente para SDN, provendo alto desempenho e controle granular do tráfego entre múltiplos dispositivos de rede.

### 11.5.2 – Arquitetura SDN

A arquitetura SDN encontra-se representada na Figura 11.14.

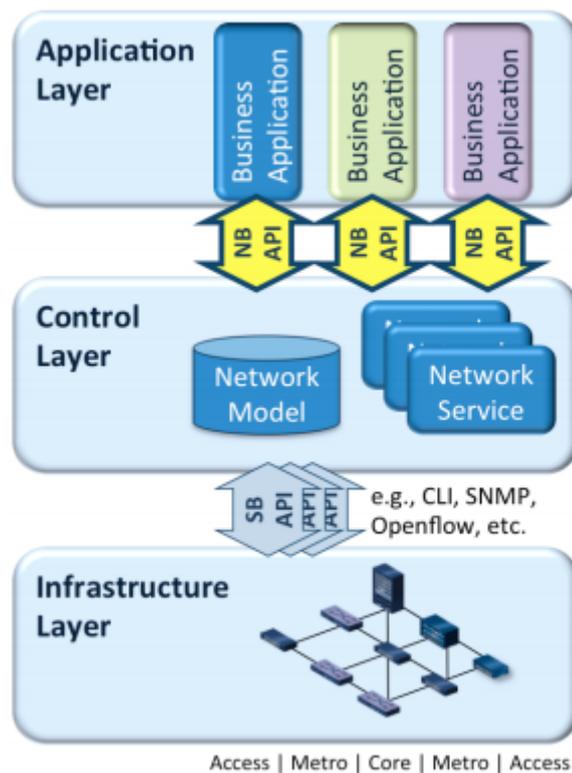


Figura 11.14 – Arquitetura SDN (Carrier Ethernet and SDN-Part 1, Figura 1).

A inteligência da rede encontra-se logicamente centralizada em Controladores SDN baseados em software na Camada de Controle, que mantêm uma visão global da rede.

Dessa forma, a rede é vista pelas aplicações como um switch lógico único, que opera de forma independente dos equipamentos da camada de infraestrutura, não importando os fabricantes desses equipamentos.

Os equipamentos da rede de infraestrutura não mais necessitam entender e processar uma diversidade de protocolos, mas meramente aceitar instruções dos Controladores SDN.

A arquitetura SDN suporta um conjunto de APIs (*Application Programming Interfaces*) que tornam possível a comunicação entre a camada de Aplicação e a Camada de Controle (*Northbound APIs* ou *NB APIs*), e entre a Camada de Controle e a Camada de Infraestrutura (*Southbound APIs* ou *SB APIs*).

No caso de Carrier Ethernet SDN, uma API inclui a habilidade para criar e deletar serviços Carrier Ethernet, assim como para alterar dinamicamente atributos de serviço da rede e dos serviços Carrier Ethernet. Dessa forma, a rede pode responder a mudanças imprevistas nos requisitos ou nos volumes de tráfego.

O MEF encontra-se em fase de definição de APIs especificamente voltadas para Carrier Ethernet.

### 11.5.3 – SDN e OSS/BSS

OSS/BSS (*Operational Support Systems / Business Support Systems*) representam um conjunto de sistemas de aplicações de software que suportam as atividades de um operador de rede no processo de atendimento a seus usuários, desde a realização da venda de um produto até o pleno atendimento dessa venda.

Essas atividades são divididas em duas fases:

- BSS: conjunto de aplicações de software que suportam o relacionamento direto com os usuários;
- OSS: conjunto de aplicações de software que suportam as atividades de retaguarda (*back-office activities*) desempenhadas pelo operador de rede no provimento dos produtos.

A figura 11.15 apresenta um quadro contendo exemplos de atividades de BSS e de OSS.

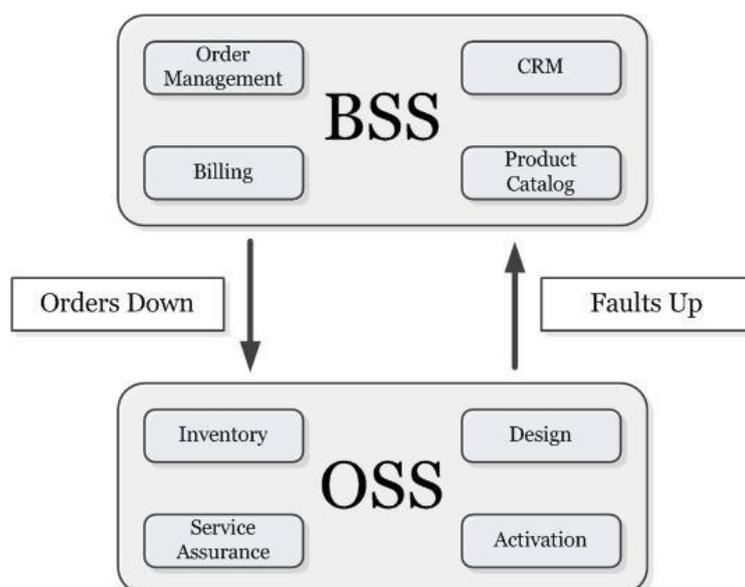


Figura 11.15 – Exemplos de atividades de BSS e de OSS (avulso).

A agilidade no atendimento de serviços com custos reduzidos é um desafio tradicionalmente encontrado por OSS. Com o uso de SDN, esse desafio se torna mais transponível.

SDN representa um impacto significativo em OSS tradicional. Isso ocorre, por exemplo, pela delegação de funcionalidades para os controles SDN, pelo comportamento dinâmico dos serviços e pela interação direta de SDN com terceiras partes.

Essas características de SDN obviamente impactam o processo de ativação de um produto/serviço, o que representa um grande objetivo de OSS.

Um OSS moderno unifica implementações de serviços Carrier Ethernet com SDN, evitando o gerenciamento de implementações baseadas em SDN de forma isolada.

Os objetivos de SDN e OSS são colimados, uma vez que SDN assiste BSS pela simplificação, padronização e automação de funções que OSS implementa.

#### **11.5.4 – Serviços Ethernet Baseados em SDN**

As especificações constantes dos diversos padrões MEF e o elevado nível de abstração nelas presente, formam a base para a próxima fase de evolução dos serviços Ethernet, fundamentada na implementação de NFV e de SDN.

Essas duas concepções estão acelerando a automação e a agilização da prestação de serviços, ao mesmo tempo em que oferecem maior visibilidade e controle aos provedores de serviço mundialmente.

No modo tradicional de implementação e operação de redes Carrier Ethernet, a configuração ou a habilitação das capacidades proporcionadas pelos atributos de serviço em UNIs, VUNIs e ENNIs, assim como em EVCs e em OVCs, é realizada separadamente em cada uma dessas facilidades. Isso envolve, muitas vezes, equipamentos de diferentes fabricantes, tornando mais complexa e lenta a realização.

Com a separação das funções do plano de controle das funções do plano de dados proporcionada por SDN, diversas funções de atributos de serviço podem passar a ser configuradas ou habilitadas centralmente, através de Controladores SDN. Dessa forma, essas operações se tornam mais rápidas e com menores chances de ocorrência de erros.

Outras funções, por se envolverem mais estreitamente com a transmissão de quadros de serviço, continuam a ser realizadas no plano de dados, sob a manipulação do plano de controle.

##### **11.5.4.1 – Arquiteturas de Redes com SDN**

A arquitetura de redes Carrier Ethernet suportadas por SDN é composta pelas seguintes três camadas:

- Camada de infraestrutura (plano de dados);
- Camada de Controle (plano de controle);
- Camada de aplicação.

A Figura 11.16 mostra um exemplo do mapeamento das especificações do MEF nessa arquitetura.

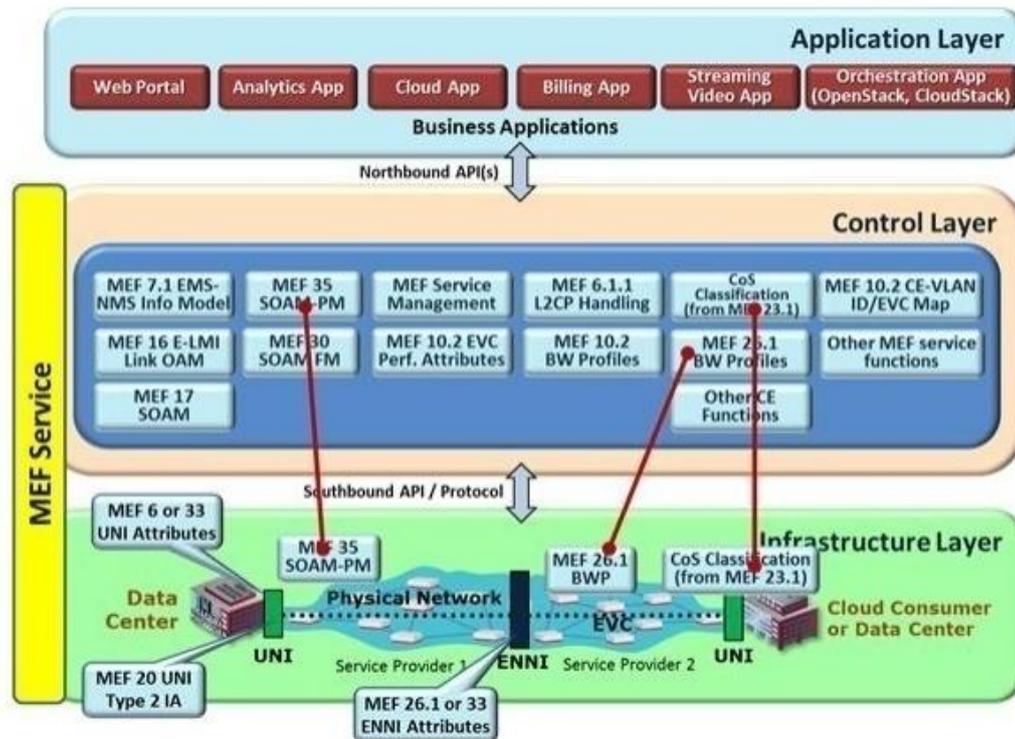


Figura 11.16 – Mapeamento de especificações do MEF na arquitetura de redes com SDN (White Paper – Part 2, Figura 1).

Como se observa nessa figura, algumas funções, como por exemplo aquelas associadas aos atributos de serviço de UNI, são implementadas na camada de infraestrutura, porque é nela que as UNIs físicas residem. Contudo, o controle e o gerenciamento dessas funções podem ser implementadas na camada de controle.

Algumas dessas funções devem ser implementadas na camada de infraestrutura devido a seus elevados requisitos de desempenho, como, por exemplo, intolerância a valores elevados de delay de processamento. São exemplos a transmissão de PDUs de SOAM-PM e a operação dos algoritmos de Perfis de Vazão de Tráfego.

#### 11.5.4.2 – Funções Processadas no Plano de Controle e no Plano de Dados

Algumas funções de atributos de serviço podem ser configuradas ou habilitadas/desabilitadas no Plano de Controle, ou seja, pela utilização de SDN. Esses processos podem ocorrer em UNIs, ENNIs e VUNIs, tanto em EVCs como em OVCs.

São exemplos as funções Agrupamento, Agrupamento Todos em Um e Mapa CE-VLAN ID / EVC, que são realizadas no Plano de Controle em UNIs. Em ENNIs poder ser citados os exemplos das funções ENNI MEP / ENNI MIP e Número Máximo de OVCs.

Algumas outras funções de atributos de serviço podem ser processadas no Plano de Dados, sendo contudo manipuladas pelo Plano de Controle via comandos SDN.

Da mesma forma que no caso do Plano de Controle, as funções desempenhadas no Plano de Dados podem ocorrer em UNIs, ENNIs e VUNIs.

Em UNIs, por exemplo, podem ser citadas as funções Número de Links na UNI, Multiplexação de Serviços e Medições de Desempenho que ocorrem no Plano de Dados. Em ENNIs podem ser mencionadas as funções Número de Links na ENNI e Formato de Quadros de ENNI.

#### 11.5.4.3 – Aplicações de Carrier Ethernet com SDN

Para implementar SDN, um provedor de serviço Carrier Ethernet necessita viabilizar o acesso às funções residentes em elementos de rede (NEs) individuais de sua rede.

São apresentados, a seguir, três cenários de aplicações nas quais a funcionalidade de NEs são controladas e orquestradas através de um Controlador SDN.

- **Criação de Serviço EVPL**

Suponha-se que um provedor de serviço CE tenha recebido um pedido referente a um serviço destinado à conexão de um escritório central a duas filiais, sendo o atendimento realizado por um serviço EVPL.

Existe uma diversidade de funcionalidades que requerem configurações nos diferentes NEs para o provimento do serviço. Podem ser citadas, por exemplo, as seguintes funcionalidades:

- Definição de UNIs;
- Definição de CE-VLAN IDs e de S-VLAN IDs;
- Configuração do Mapa CE-VLAN ID/EVC;
- Criação dos Perfis de Vazão de Tráfego;
- Definição dos testes de medição de OAM assim como a criação de MEPs e de MIPs

No processo tradicional de configuração, cada uma dessas funcionalidades deve ser realizada individualmente em cada NE envolvido nas EVCs. Isso é feito pela utilização de CLI (*Command Line Interface*), de *scripts* ou de EMS (*Element Management System*).

Dependendo do nível de automação da rede, esse processo consumirá tempos consideráveis, com variações para cada um dos NEs, o que se agrava quando se trata de NEs de fabricantes diferentes.

Em um ambiente SDN, o provedor de serviço pode completar o atendimento do serviço em muito menos tempo. Essa responsabilidade pode ser delegada para o Controlador SDN, que utiliza APIs abertas e um nível consistente de abstrações de rede para interagir com os NEs. Dessa forma, o tempo de provisionamento do serviço é sensivelmente reduzido, sendo também reduzida a probabilidade de ocorrência de erros no processo.

A Figura 11.17 ilustra o uso de SDN no provimento do serviço EVPL.

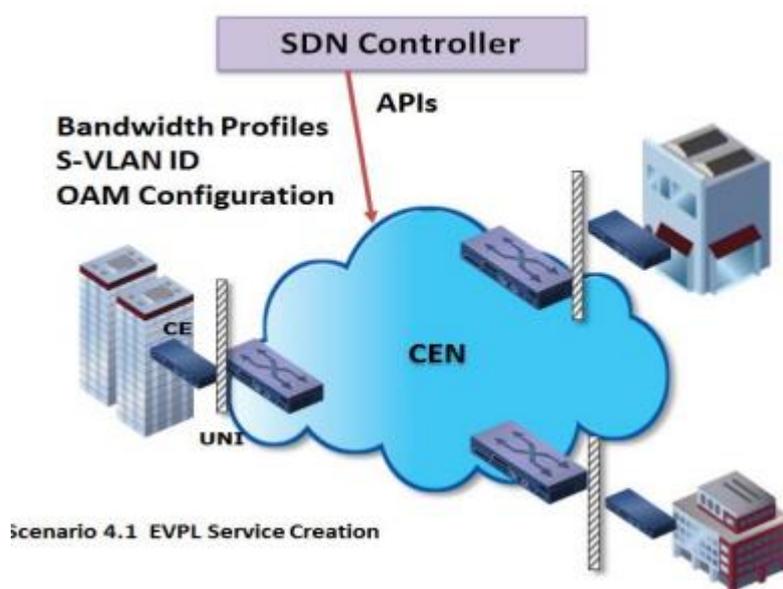


Figura 11.17 – Criação de serviço EVPL com SDN (White Paper–Part 2, Figura 3).

Utilizando regras pré-definidas, o operador da CEN nessa figura solicita, ao Controlador SDN, os recursos necessários, indicando, por exemplo, as portas envolvidas, os CE-VLAN IDs e os Perfis de Vazão de Tráfego a serem utilizados.

O Controlador SDN envia então comandos de baixo nível para cada NE nas EVCs, criando então o serviço EVPL requerido.

- **Alteração do Valor de CIR pelo Usuário**

Suponha-se que um usuário possua um serviço E-Tree com um ponto central (UNI Raiz) que se comunica com cinco outros pontos (UNIs Folha).

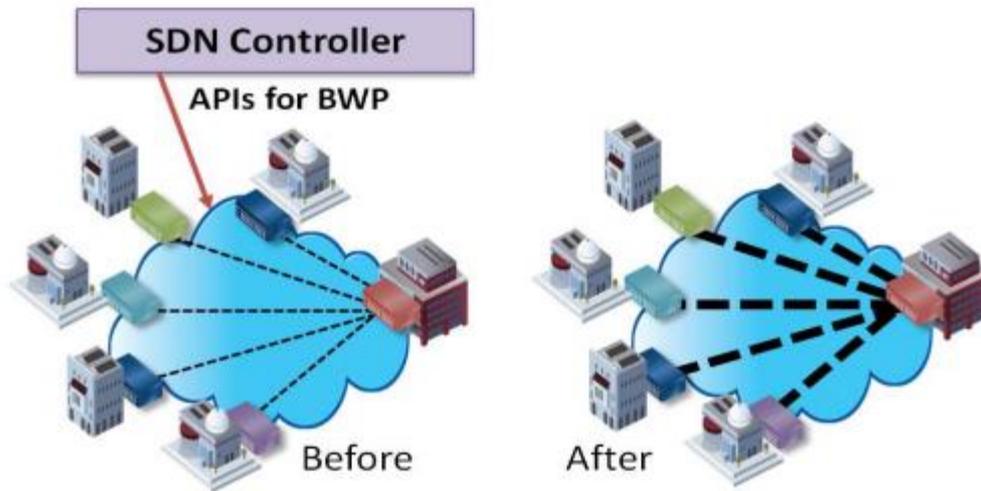
Suponha-se também que o usuário tenha solicitado um *upgrade* em seu valor de CIR, passando de 100 Mbps para 1 Gbps.

Havendo o uso de SDN, o pedido do usuário é passado de um Portal Web do usuário diretamente para um Controlador SDN que mantém um mapa completo da rede e dos recursos nela disponíveis.

Após a verificação pelo Controlador SDN da viabilidade de atendimento do pedido e que esse atendimento não viola outras regras do provedor de serviço, o Controlador SDN procede ao seu atendimento.

O Controlador SDN passa a gerar, automaticamente, comandos formatados na estrutura requerida por cada um dos NEs, habilitando, como resultado, a elevação do valor de CIR solicitada.

A Figura 11.18 representa, simbolicamente, a configuração anterior e a configuração posterior à elevação do valor de CIR.



**Scenario 4.3 Customer Initiated Service Upgrade**

**Figura 11.18 – Elevação do valor de CIR pelo usuário (White Paper–Part 2, Fig. 4)**

Nessa figura, as linhas tracejadas mais fortemente do lado direito da figura representam simbolicamente valores mais elevados de CIR na E-Tree.

# Referências Bibliográficas

## Livros

- ENNE, A.J.F. TCP/IP sobre MPLS. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.
- ENNE, A.J.F. Frame Relay: Redes, Protocolos e Serviços. Rio de Janeiro: Axel Books e José Olímpio, 1998.
- ENNE, A.J.F., WANDERLEY, B.L., FERRAZ, C.H. Novas Tecnologias de Redes Ethernet, Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2017.
- TOY, M. Carrier Ethernet, PBT, MPLS-TP, and VPLS : Wiley and Sons, 2012.
- KASIN, A. and Others. Delivering Carrier Ethernet : McGraw-Hill Communications, 2008.
- KIEFFER, J. Introduction to Carrier Ethernet-A Foundation to MEF-CECP Training : Fujitsu, 2015.
- FUJITSU MEF-CECP Study Guide :Fujitsu, 2015.
- KANGOVI, S. Peering Carrier Ethernet Networks : Morgan Kauffman / Elsevier, 2017

## Padrões do MEF

- MEF 2 Requirements and Framework for Ethernet Service Protection
- MEF 3 Circuit Emulation Service Definitions and Requirements in Metro Ethernet Networks
- MEF 4 Metro Ethernet Network Architecture Framework Part 1: Generic Framework
- MEF 6.2 EVC Ethernet Services Definitions Phase 3
- MEF 7.3 Carrier Ethernet Service Information Model
- MEF 8 Implementation Agreement for the Emulation of PDH Circuits over Metro Ethernet Networks
- MEF 10.3 Ethernet Services Attributes Phase 3
- MEF 10.3.1 Composite Performance Metric (CPM) Amendment to MEF 10.3
- MEF 10.3.2 UNI Resiliency Enhancement Amendment to MEF 10.3
- MEF 11 User Network Interface (UNI) Requirements and Framework
- MEF 12.2 Carrier Ethernet Network Architecture Framework Part 2: Ethernet Services Layer
- MEF 13 User Network Interface (UNI) Type 2 Implementation Agreement
- MEF 15 Requirements for Management of Metro Ethernet Phase 1 Network Elements
- MEF 16 Ethernet Local Management Interface
- MEF 17 Service OAM Requirements Framework Phase 1
- MEF 20 UNI Type 2 Implementation Agreement
- MEF 22.3 Implementation Agreement-Transport Services for Mobile Networks
- MEF 23.2 Class of Service Phase 3 Implementation Agreement
- MEF 23.2.1 Models for Bandwidth Profiles with Token Sharing
- MEF 26.2 External Network Network Interface (ENNI) and Operator Service
- MEF 30.1 Service OAM Fault Management Implementation Agreement Phase 2

**MEF 30.1.1** Amendment to SOAM FM IA  
**MEF 31** Service OAM Fault Management Definition of Managed Objects (SNMP)  
**MEF 31.0.1** Amendment to Service OAM SNMP MIB for Fault Management  
**MEF 32** Requirements for Service Protection Across External Interfaces  
**MEF 33** Ethernet Access Services Definitions  
**MEF 35.1** Service OAM Performance Monitoring Implementation Agreement  
**MEF 36.1** Service OAM SNMP MIB for Performance Monitoring  
**MEF 40** UNI and EVC Definition of Managed Objects (SNMP)  
**MEF 41** Generic Token Bucket Algorithm  
**MEF 42** ENNI and OVC Definition of Managed Objects (SNMP)  
**MEF 43** Virtual NID (vNID) Functionality for E-Access Services  
**MEF 44** Virtual NID (vNID) Definition of Managed Objects (SNMP)  
**MEF 45** Multi-CEN L2CP  
**MEF 47** Carrier Ethernet Services for Cloud Implementation Agreement  
**MEF 50.1** MEF Services Lifecycle Process Flows  
**MEF 51** OVC Services Definitions  
**MEF 52** Carrier Ethernet Performance Reporting Framework  
**MEF 53** Ethernet Services Qualification Questionnaire  
**MEF 54** Ethernet Interconnection Point (EIP): An ENNI Implementation Agreement  
**MEF 55** LSO Reference Architecture and Framework  
**MEF 56** Interface Profile Specification-Service Configuration and Activation  
**MEF 57** Padrão J-SPEC-001/MEF 57: Ethernet Ordering Technical Specification-Business Requirements and Use Cases (em conjunto com a ATIS)  
**MEF 58** Legato-EVC Services-YANG Service Configuration and Activation  
**MEF 59** Network Resource Management-Information Model: Connectivity  
**MEF 60** Network Resource Provisioning-Interface Profile Specification  
**MEF 61** IP Services Attributes for Subscriber IP Services  
**MEF 62** Managed Access E-Line Service Implementation Agreement

## MEF White Papers

- ✓ An Industry Initiative for Third Network and Services
- ✓ Bandwidth Profiles for Ethernet Services
- ✓ Carrier Ethernet and NFV
- ✓ Carrier Ethernet and SDN-Part 1
- ✓ Carrier Ethernet and SDN-Part 2
- ✓ Carrier Ethernet for Delivery of Private Cloud Services
- ✓ MEF On-the-Go Study Guide
- ✓ MEF Third Network Lifecycle Service Orcherstration Vision
- ✓ MEF Third Network Vision
- ✓ Understanding Bandwidth Profiles in MEF 6.2 Service Definitions

## **Padrões do IETF (RFCs)**

- RFC 4447** Pseudowire Setup and Maintenance Using the Label Distribution Protocol (LDP)
- RFC 4448** Encapsulation Methods for Transport of Ethernet over MPLS Networks
- RFC 4664** Framework for L2VPNs
- RFC 4665** Service Requirements for Layer 2 Provider-Provisioned Virtual Private Networks
- RFC 4761** VPLS Using BGP for Auto-Discovery and Signaling
- RFC 4762** VPLS Using LDP Signaling

## **Padrões do IEEE**

- IEEE 802.2001** Overview and Management
- IEEE 802.1AB-2009** Station and Media Access Control Connectivity Discovery
- IEEE 802.1AX-2008** Link Aggregation
- IEEE 802.1D-2004** Media Access Control (MAC) Bridges
- IEEE 802.1Q-2014** Bridges and Bridged Networks
- IEEE 802.2-1998** Logical Link Control
- IEEE 802.3-2012** CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications

## **Recomendações do ITU-T**

- G. 7041/Y. 1303** Generic Framing Procedure
- G.7042/Y.1305** Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS) for Virtual Concatenated Signals
- G.7043/Y.1343** Virtual Concatenation of Plesiochronous Digital Hierarchy – PDH
- G.707/Y.1322** Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy – SDH
- G.709/Y.1331** Interfaces for the Optical Transport Networks
- G.8010/Y.1306** Architecture of Ethernet Layer Networks
- G.8013/Y.1731** OAM Functions and Mechanisms for Ethernet Networks
- G.8031/Y.1342** Ethernet Protection Switching
- G.8032/Y.1344** Ethernet Ring Protection Switching
- G.783** Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Equipment Functional Blocks

**G.798** Characteristics of Optical Network Hierarchy Equipment  
Functional Blocks

**G.872** Architecture of Optical Transport Networks

**G.984.2** Gigabit-Capable Passive Optical Networks (GPONs): Physical Media Dependent (PMD) Layer Specification

**G.991.1** High bit rate digital subscriber line (HDSL) transceivers

**G.991.2** Single-Pair High-Speed Digital Subscriber Line (SHDSL) Transceivers

**G.992.1** Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers

**G.992.2** Splitterless asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers

**G.992.3** Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 – ADSL2

**G.992** Splitterless asymmetric digital subscriber line transceivers 2 - splitterless ADSL2

**G.992.5** Asymmetric digital subscriber line 2 transceivers (ADSL2) - Extended bandwidth ADSL2 - ADSL2plus

**G.993.1** Very high speed digital subscriber line transceivers – VDSL

**G.993.2** Very high speed digital subscriber line transceivers 2 – VDSL2

**G.sup43** Transport of IEEE 10GBASE-R in Optical Transport Networks (OTN)

**X.85/Y.1321** IP over SDH using LAPS

**X.86//1323** Ethernet over LAPS

**Y.1563** Ethernet Frame Transfer and Availability Performance

**Y.1564** Ethernet Service Activation Test Metodology

**Y.1730** Requirements for OAM Functions in Ethernet-Based Networks and Ethernet Services

## Outros Padrões

**ANSI T1.424** Interface between Networks and Customer Installations: Very-high bit-rate Digital Subscriber Line (VDSL) Metallic Interface (DMT Based)

**ANSI/TIA 1057** Link Layer Discovery Protocol for Media Endpoint Devices(LLDP- MED)

**ONF TR-502** SDN Architecture

**ONF TR-522** SDN Architecture for Transport Networks

**ONF TR-535** ONF SDN Evolution

**ONF TS-025** OpenFlow Switch Specification Ver 1.5.1

**ONF TS-029** SPTN OpenFlow Protocol Extensions

**ISO/IEC 8802-2** Logical Link Control (LLC)

# Relação de Siglas

**@ENNI** Ponto de Terminação de OVC em ENNI  
**@UNI** Ponto de Terminação de OVC em UNI  
**@VUNI** Ponto de Terminação de OVC em VUNI  
**1DM** One-Way Delay Measurement Message  
**1SL** One-Way Synthetic Loss Measurement Message  
**3GPP** Third Generation Partnership Project

## A

**AC** Attachment Circuit  
**ACR** Adaptative Clock Recovery  
**ADM** Add-Drop Multiplexer  
**AIS** Alarm Indication Signal  
**ANSI** American National Standards Institute  
**AP** Access Provider  
**API** Application Program Interface  
**APP Layer** Application Layer  
**ASN** Access Service Network  
**ASN GW** ASN Gateway  
**ASN.1** Abstract Syntax Notation One  
**ATIS** Alliance for Telecommunications Industry Solutions  
**ATM** Asynchronous Transfer Mode  
**ATS** Abstract Test Suite  
**AU** Administrative Unit  
**AUG** Administrative Units Group

## B

**B-BEB** Backbone BEB  
**BCB** Backbone Core Bridge  
**BEB** Backbone Edge Bridge  
**BPDU** Bridge Protocol Data Unit  
**BS** Base Station  
**BSC** Base Station Controller  
**BT-Tag** Backbone tag  
**BTS** Base Transceiver Station  
**BUS** Business Applications  
**B-VID** B-VLAN Identifier  
**B-VLAN** Backbone VLAN  
**BW** Bandwidth

## C

**C** Container  
**CB** Cloud Broker  
**CBS** Committed Burst Size  
**CC** Cloud Customer  
**CC** Continuity Check  
**CC** Mapeamento com Base em Cores  
**CCM** Continuity Check Message

**CDMA** Code Division Multiple Access  
**CE** Customer Edge  
**CEN** Carrier Ethernet Network  
**CES** Circuit Emulation Service  
**CESoETH** Circuit Emulation Service over Ethernet  
**CESoMPLS** CES over MPLS  
**CE-VLAN** Customer Edge VLAN  
**CF** Coupling Flag  
**CF<sup>0</sup>** Coupling Flag CF<sup>0</sup>  
**CFI** Canonical Format Indicator  
**CFi (CF<sup>i</sup>)** Coupling Flag CFi (CF<sup>i</sup>)  
**CHLI** Consecutive High Loss Interval  
**CIR** Committed Information Rate  
**CIRimax** CIRi Maximum  
**CL** CoS Label  
**CLI** Command Line Interface  
**CM** Color Mode  
**CN** CoS Name  
**CN** Mapeamento com Base em CoS Names  
**CO** Central Office  
**CORBA** Common Object Request Broker Architecture  
**CoS** Class of Service  
**CoS FS** CoS Frames Set  
**COTS** Commercial off-the-shelf  
**CP** Cloud Provider  
**CPE** Customer Premise Equipment  
**CPO** CoS Performance Objective  
**CSF** Client Signal Fail  
**CSN** Connectivity Service Network  
**CSP** Communication Service Provider  
**CTA** C-VLAN Tag Aware  
**C-Tag** C-VLAN tag  
**CTB** C-VLAN Tag Blind  
**CTB-2** CTB Opção 2  
**CUS** Customer Application Coordinator  
**C-VID** C-VLAN Identifier  
**C-VLAN** Customer VLAN  
**CWDM** Coarse WDM

## **D**

**DA** Destination Address  
**DC** Data Center  
**DCA** Data Center Access  
**DCI** Data Center Interconnect  
**DEI** Discard Eligibility Indicator  
**DLCI** Data Link Connection Identifier  
**DM** Delay Measurement  
**DMM** Delay Measurement Message  
**DMR** Delay Measurement Reply  
**DSCP** Differentiated Service Code Point  
**DTE** Data Terminal Equipment

**DWDM** Dense WDM  
**DXC** Digital Cross-Connect

## **E**

**E-Access** Ethernet Access  
**EBS** Excess Burst Size  
**EC** Ethernet Connection  
**ECC** Ethernet Cloud Carrier  
**ECDX** Emulated Circuit De/Multiplexing Function  
**ECID** Emulated Circuit Identifier  
**ECM** Element Control and Management  
**ECMP** Equal Cost Multi Path  
**ECS** Ethernet Connection Segment  
**EEC** Egress Equivalence Class  
**EFM** Ethernet in the First Mile  
**EFMCu** EFM over Copper  
**EFT** Ethernet Flow Termination  
**EFTF** Ethernet Flow Termination Function  
**EI** External Interface  
**EIR** Excess Information Rate  
**EIRimax** EIRi Maximum  
**E-LAN** Ethernet LAN  
**E-Line** Ethernet Line  
**E-LMI** Ethernet Local Management Interface  
**EMS** Element Management System  
**eNB** Evolved Node B  
**ENNI** External  
**EoF** Ethernet over Fiber  
**EoOTN** Ethernet over OTN  
**EoS** Ethernet over SONET/SDH  
**EoSDH** Ethernet over SDH  
**EP** End Point  
**EP** Ethernet Private  
**EPL** Ethernet Private Line  
**EP-LAN** Ethernet Private LAN  
**EPON** Ethernet PON  
**EP-Tree** Ethernet Private Tree  
**ER** Envelope and Rank  
**ERB** Estação de Radio Base  
**ESCON** Enterprise Systems Connection  
**ESMC** Ethernet Synchronization Message Channel  
**ETH** Ethernet  
**ETH Layer** Ethernet Layer  
**E-Transit** Ethernet Transit  
**E-Tree** Ethernet Tree  
**ETSI** European Telecommunications Standards Institute  
**EVC** Ethernet Virtual Connection  
**EVP** Ethernet Virtual Private  
**EVPL** Ethernet Virtual Private Line  
**EVP-LAN** Ethernet Virtual Private LAN  
**EVP-Tree** Ethernet Virtual Private Tree

**E-WAN** Ethernet WAN

## **F**

**FCS** Frame Check Sequence

**FD** Frame Delay

**FDR** Frame Delay Range

**FE** Functional Element

**FEC** Forward Error Correction

**FICON** Fibre Connection

**FLR** Frame Loss Ratio

**FM** Fault Management

**FMO** Future Mode of Operation

**FP** Flow Point

**FRR** Fast Rerouting

**FS** Functions Set

**FSO** Free Space Optical

## **G**

**GARP** Generic Attribute Registration Protocol

**GFP** Generic Frame Procedure

**GFP-F** Frame-Mapped GFP

**GFP-T** Transparent GFP

**GIWF** Generic Inter-Working Function

**GSM** Global System for Mobile Communication

**GTBA** Generic Token Bucket Algorithm

## **H**

**HDLC** High Level Data Link Control

**HFC/DOCSIS** Hybrid Fiber Coax/Data over Cable Service Interface Specification

**HLI** High Loss Interval

**H-NID** Hybrid NID

## **I**

**IA** Implementation Agreement

**IaaS** Infrastructure as a Service

**I-BEB** Backbone Service Instance BEB

**ICM** Infrastructure Control and Management

**ID** Identifier

**IEEE** Institute of Electric and Electronic Engineers

**IETF** Internet Engineering Task Force

**IFDV** Inter-Frame Delay Variation

**II** Internal Interface

**INNI** Internal NNI

**I-NNI** Internal NNI

**IP** Internet Protocol

**IPv4** IP versão 4

**IPv6** IP versão 6

**I-SID** Backbone Service Instance Identifier

**ISO** International Standards Organization

**ISP** Internet Service Provider

**I-Tag** Backbone Service Instance tag  
**ITU-T** International Telecommunications Union – Telecommunications Standardization Sector  
**IWF** Interworking Function

## **L**

**L2CP** Layer 2 Control Protocol  
**LACP** Link Aggregation Control Protocol  
**LAG** Link Aggregation Group  
**LAMP** Link Aggregation Marker Protocol  
**LAN** Local Area Network  
**LAPS** Link Access Procedure-SDH  
**LB** Loopback  
**LBM** Loopback Message  
**LBR** Loopback Reply  
**LCAS** Link Capacity Adjustment Scheme  
**LCK** Locked  
**LLC** Logical Link Control  
**LLDP** Link Layer Discovery Protocol  
**LM** Loss Measurement  
**LMI** Local Management Interface  
**LOAM** Link OAM  
**LOC** Loss of Continuity  
**LSO** Lifecycle Service Orchestration  
**LSP** Label Switching Path  
**LSR** Label Switching Router  
**LT** Linktrace  
**L-tag** Leaf tag  
**LTE** Long Term Evolution  
**LTM** Linktrace Message  
**LTR** Linktrace Reply

## **M**

**MA** Maintenance Association  
**MAC** Medium Access Control  
**MAC-in-MAC** Método de Envolvamento no PBB  
**MAID** MA ID  
**MAN** Metropolitan Area Network  
**MBH** Mobile Backhaul  
**MD** Maintenance Domain  
**ME** Maintenance Entity  
**MEF** Metro Ethernet Forum  
**MEF CECP** MEF Carrier Ethernet Certification Program  
**MEG** Maintenance Entity Group  
**MEL** MEG Level  
**MEN** Metropolitan Ethernet Network  
**ME-NE** Metro Ethernet Network Element  
**MEP** MEG End Point  
**MFD** Mean Frame Delay  
**MGT O-EC** Management to O-EC  
**MHF** MIP Half Function

**MI** Management Interface  
**MIB** Management Information Base  
**MIP** MEG Intermediate Point  
**MME** Mobility Management Entity  
**MMRP** Multiple MAC Registration Protocol  
**MNU** Maximum Number of UNIs  
**MP2MP** Multipoint-to-Multipoint  
**MP2P** Multipoint-to-Point  
**MPLS** Multi Protocol Label Switching  
**MRP** Multiple Registration Protocol  
**MS** Metric Set  
**MScl** Metric Set to the CoS Label  
**MScn** Metric Set to the CoS Name  
**MSOH** Multiplex Section Overhead  
**MSTP** Multiple Spanning Tree Protocol  
**MTU** Maximum Transmission Unit  
**MVRP** Multiple VLAN Registration Protocol

## **N**

**N/S** Not Specified  
**NA** Not Available  
**NaaS** Network as a Service  
**NAP** Network Access Provider  
**NB** Node B  
**NB API** Northbound API  
**NC** Network Controller  
**NE** Network Element  
**NETCONF** Network Configuration  
**NFV** Network Functions Virtualizations  
**NFV ISG** NFV Industry Specification Group  
**NFV MANO** NFV Management and Orchestration  
**NFVI** NFV Infrastructure  
**NGMN** Next Generation Mobile Network  
**NG-SDH** Next Generation SDH  
**NID** Network Interface Device  
**NI-NNI** Network Interworking NNI  
**NIST** National Institute of Standards and Technology  
**NML** Network Management Layer  
**NMS** Network Management System  
**NNI** Network –to-Network / Network Node Interface  
**NTP** Network Time Protocol  
**NUNI** NID UNI

## **O**

**OAM** Operation, Administration and Maintenance  
**Och** Optical Channel  
**ODU** Optical Data Unit  
**O-EC** Operator Ethernet Connection  
**OEPP** Ordered End Points Pair  
**O-LAN** Operator LAN  
**O-Line** Operator Line

**OMU** Optical Multiplex Unit  
**ONF** Open Networking Foundation  
**OPU** Optical Payload Unit  
**OSI** Open Systems Interconnection  
**OSS/BSS** Operational Support Systems/Business Support Systems  
**OTM** Optical Transport Module  
**OTN** Optical Transport Network  
**O-Tree** Operator Tree  
**OVC** Operator Virtual Connection  
**OVC EP** OVC End Point

## **P**

**P** Provider Equipment  
**P2MP** Point-to-Multipoint  
**P2P** Point-to-Point  
**PAD** Padding  
**PB** Provider Bridging  
**PBB** Provider Backbone Bridging  
**PBBN** PBB Network  
**PBB-TE** PBB Traffic Engineering  
**PBN** PB Network  
**PCP** Priority Code Point  
**PCS** Physical Coding Sublayer  
**PDH** Plesiochronous Digital Hierarchy  
**PDU** Protocol Data Unit  
**PE** Provider Edge Equipment  
**PEC** Packet Equipment Clock  
**PHP** Penultimate Hop Popping  
**PHY** Camada Física  
**PM** Performance Metric  
**PM** Performance Monitoring  
**PMO** Present Mode of Operation  
**PNF** Physical Network Function  
**POH** Path Overhead  
**PON** Passive Optical Network  
**POP** Point of Presence  
**PPP** Point-to-Point Protocol  
**PRC** Primary Reference Clock  
**PSTN** Public Switched Telephone Network  
**PT** Performance Tier  
**PTN** Packet Transport Network  
**PTP** Precision Time Protocol  
**PTR** Pointer (Ponteiro)  
**PW** Pseudowire

## **Q**

**Q-in-Q** Método de Envolvimento no PB  
**QoS** Quality of Service

## R

**RADM** Reconfigurable ADM  
**RAN** Radio Access Network  
**RAN-NC** RAN Network Control  
**RDI** Remote Defect Indication  
**RDXC** Reconfigurable DXC  
**RMI** Remote Management Interface  
**RMP** Root Multipoint  
**RNC** Radio Network Controller  
**RPE** Remote Processing Entity  
**RPR** Resilient Packet Ring  
**RSOH** Regenerator Section Overhead  
**RSTP** Rapid Spanning Tree Protocol  
**R-tag** Root tag  
**RTP** Real Time Transport  
**RUNI** Remote UNI

## S

**SA** Source Address  
**SAPI** Service Access Point Identifier  
**SB API** Southbound API  
**SBCON** Single-Byte Command Codes Sets Connection  
**SDH** Synchronous Digital Hierarchy  
**SDN** Software Defined Networking  
**SDO** Standard Development Organization  
**SDU** Service Data Unit  
**SD-WAN** Software Defined WAN  
**SEP** Service End Point  
**S-GW** Serving Gateway  
**SI-NNI** Service Interworking NNI  
**SLA** Service Level Agreement  
**SLM** Synthetic Loss Measurement  
**SLM** Synthetic Loss Message  
**SLR** Synthetic Loss Reply  
**SLS** Service Level Specification  
**SML** Service Management Layer  
**SNAP** Subnetwork Access Protocol  
**SNI** Service Node Interface  
**S-NID** Service NID  
**SNMP** Simple Network Management Protocol  
**SO** Super Operator  
**SOAM** Service OAM  
**SOF** Service Orchestration Functionality  
**SOH** Section Overhead  
**SONET** Synchronous Optical Networking  
**SP** Service Provider  
**SP/SO** Service Provider/Super Operator  
**SPPE** Service Provider Processing Entity  
**SRG** Shared Risk Group  
**SRLG** Shared Risk Link Group  
**S-tag** Service tag

**STM** Synchronous Transfer Mode  
**STM** Synchronous Transmission Module  
**STP** Spanning Tree Protocol  
**S-VLAN** Service VLAN  
**SyncE** Synchronous Ethernet

## **T**

**TALS** TDM Access Line Service  
**T-BEB** TPMR BEB  
**TC** Traffic Class  
**TCI** Tag Control Informations  
**TDM** Time Division Multiplex  
**TE** Traffic Engineering  
**TFP** Termination Flow Point  
**T-Line** TDM Line Service  
**TM** Terminal Multiplexer  
**T-NID** Transport NID  
**TPID** Tag Protocol Identifier  
**TPMR** Two Port MAC Relay  
**TRAN Layer** Transport Layer  
**TrCP** Traffic Conditioning Point  
**TTL** Time to live  
**TU** Tributary Unit  
**TUG** Tributary Units Group

## **U**

**UML** Unified Modeling Language  
**UNI** User Network Interface  
**UNI-C** UNI Customer  
**UNI-N** UNI Network  
**UTA** UNI Tunnel Access

## **V**

**VC** Virtual Container  
**VCAT** Virtual Concatenation  
**VCG** VCAT Group  
**VID** VLAN Identifier  
**VLAN** Virtual LAN  
**VM** Virtual Machine  
**VNE** Virtual Network Element  
**VNF** Virtualized Network Function  
**vNID** Virtual NID  
**VPI/VCI** Virtual Path/Channel Identifier  
**VPLS** Virtual Private LAN Service  
**VPN** Virtual Private Network  
**VPWS** Virtual Private Wire Service  
**VSI** Virtual Switching Instance  
**VUNI** Virtual UNI

## **W**

**WAN** Wide Area Network

**WCDMA** Waveband Code Division Multiple Access

**WDM** Wavelength Division Multiplex

**WiFi** Wireless Fidelity

**WiMax** Worldwide Interoperability for Microwave Access

## **X**

**XML** Extensible Markup Language

**xSTP** STP, RSTP ou MSTP